



Máster Internacional en  
GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE  
(7ª edición: 2017-2019)

TESIS

presentada y públicamente defendida  
para la obtención del título de

MASTER OF SCIENCE

Estudio de la biología y pesca del cangrejo  
azul americano Callinectes sapidus Rathbun  
1896 (Brachyura: Portunidae), en el  
Sureste de la Península Ibérica

ISABEL ESTESO PERONA  
Julio 2019

 <b>Universitat d'Alacant</b> Universidad de Alicante		 <b>CIHEAM</b> Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza
<p align="center"><b>MASTER EN GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE</b>          (7ª edición: 2017-2019)</p>		

**Estudio de la biología y pesca del cangrejo azul  
americano *Callinectes sapidus* Rathbun 1896  
(Brachyura: Portunidae), en el Sureste de la Península  
Ibérica**

ISABEL ESTESO PERONA

**TESIS PRESENTADA Y  
PUBLICAMENTE  
DEFENDIDA PARA LA  
OBTENCION  
DEL  
TÍTULO DE MASTER  
OFSCIENCE EN GESTIÓN  
PESQUERA SOSTENIBLE**

Alicante,  
a 9 de julio de 2019



**Estudio de la biología y pesca del cangrejo azul  
americano *Callinectes sapidus* Rathbun 1896  
(Brachyura: Portunidae), en el Sureste de la Península  
Ibérica**

ISABEL ESTESO PERONA

Trabajo realizado en el Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR) de España, bajo la dirección del Dr. Alfonso Ramos Esplá y la Dra. Carmen Barberá Cebrián.

Y presentado como requisito parcial para la obtención del Diploma Master of Science en Gestión Pesquera Sostenible otorgado por la Universidad de Alicante a través de Facultad de Ciencias y el Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM) a través del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ).

VºBº Tutor/a

Autor/a

Fdo:D. Alonso Ramos Esplá

Fdo: Dª Isabel Esteso Perona

Alicante, a 9 de julio de 2019



**Estudio de la biología y pesca del cangrejo azul  
americano *Callinectes sapidus* Rathbun 1896  
(Brachyura: Portunidae), en el Sureste de la Península  
Ibérica**

ISABEL ESTESO PERONA

Trabajo realizado en el Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR) de España, bajo la dirección del Dr. Alfonso Ramos Esplá y la Dra. Carmen Barberá Cebrián.

Presentado como requisito parcial para la obtención del Diploma Master of Science en Gestión Pesquera sostenible otorgado por la Universidad de Alicante a través de Facultad de Ciencias y el Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM) a través del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ).

Esta Tesis fue defendida el día 17 de julio de 2019 ante un Tribunal Formado por:

- José Luis SÁNCHEZ LIZASO
- Bernardo BASURCO
- Rogelio LLANES RIBAS



## Agradecimientos

A las cofradías de pescadores de la Comunidad Valenciana, pescadores y personal tanto del P.N Salinas de Santa Pola como del Hondo de Elche por su colaboración y en especial a Jose María Trigueros por su ayuda e iniciativa.

A mis tutores Alfonso Ramos y Carmen Barberá por su tiempo y ayuda en todo lo necesario para poder realizar este trabajo y a Pere Abelló por sus consejos y recomendaciones.

A mi familia y amigos por todo el apoyo incondicional, especialmente a Juli por su paciencia y apañes de última hora.

A Esther y a su leyenda urbana, por estar siempre ahí.





## Resumen

El cangrejo azul, *Callinectes sapidus* Rathbun (1896), especie originaria de la costa occidental Atlántica, tras su introducción en el Mediterráneo ha ido expandiéndose y estableciendo poblaciones en diferentes puntos de sus costas y actualmente se considera una especie invasora. El objetivo principal de este estudio ha sido conocer la biología y ecología del cangrejo azul americano en el Sureste de la Península Ibérica, principalmente, en el humedal costero de las Salinas de Santa Pola, complementándolo con datos de pesca en la desembocadura del Río Segura en Guardamar (Sur Alicante); así como en la franja marina de Benicarló (Norte Castellón).

Dado el bajo número de capturas y las limitaciones de las trampas, los resultados se han interpretado con precaución, aunque coinciden con la información biológica existente de esta especie en su área de distribución natural.

En el ambiente lagunar ha habido más capturas durante los meses de verano, con más machos que hembras y gran cantidad de juveniles en otoño. En el ambiente marino fue mayor la captura de hembras, donde además aparece gran proporción de hembras ovadas.

Ante la problemática que existe actualmente con esta especie en el sector pesquero han planteado una serie de recomendaciones para su viabilidad como recurso pesquero.

Palabras clave: cangrejo azul, jaiba, especie invasora, Mar Mediterráneo, pesca.



## Abstract

The blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun (1896), a species native to the western Atlantic coast, after its introduction into the Mediterranean, has been expanding and establishing populations in different parts of its coasts and is currently considered an invasive species. The main objective of this study was to know the biology and ecology of the American blue crab in the Southeast of the Iberian Peninsula, mainly in the coastal wetland of the Salinas de Santa Pola, complementing it with fishing data at the mouth of the Segura River in Guardamar (South Alicante); as well as in the marine strip of Benicarló (North Castellón).

Given the low number of catches and the limitations of the traps, the results have been interpreted with caution, although they coincide with the existing biological information of this species in its natural range.

In the lagoon environment there have been more catches during the summer months, with more males than females and a large number of juveniles in the fall. In the marine environment, the capture of females was greater, where a large proportion of ovate females also appear.

In view of the problems that currently exist with this species in the fishing sector, they have proposed a series of recommendations to consider their viability as a fishing resource.

Key words: blue crab, jaiba, invasive specie, Mediterranean sea, fishing.



## Índice

Agradecimientos .....	VII
Resumen.....	IX
Abstract .....	XI
1. Introducción .....	1
1.1 Biología de la especie .....	1
1.1.1 Características morfológicas .....	1
1.1.2 Ciclo biológico y reproducción .....	2
1.1.3 Migraciones .....	5
1.1.4 Alimentación .....	6
1.1.5. Depredación y parasitismo.....	7
1.2 Especie invasora .....	7
1.3. Cangrejo azul como posible recurso pesquero .....	9
1.4. Objetivos .....	10
2. Material y métodos .....	11
2.1 Áreas de estudio.....	11
2.2 Métodos y material de muestreo.....	12
2.2.1 Ambiente marino: Guardamar y Benicarló .....	15
2.2.2 Ambiente lagunar.....	16
2.3 Parámetros biológicos.....	17
2.4. Colaboración del sector pesquero .....	19
2.5. Análisis de datos.....	19
3. Resultados .....	21
3.1. Encuestas a cofradías de pescadores .....	21
3.2. Ambiente lagunar .....	22
3.2.1 Distribución espacio-temporal de las capturas.....	22
3.2.2 Distribución tallas.....	25
3.2.3 Categoría demográfica .....	26
3.2.4 Relaciones biométricas .....	27
3.3. Ambiente marino .....	27
3.3.1. Colaboración con pescadores de Guardamar .....	27
3.3.2 Colaboración de pescadores de Benicarló .....	28
3.3.3 Colaboración de pescadores de Vinaroz .....	29
3.4 Comparación sexos y tallas en los dos ambientes .....	30
3.5. Contenidos estomacales .....	31
3.6 Capturas en la Comunidad valenciana .....	31
4. Discusión .....	33
4.1. Abundancias en el sistema lagunar y factores ambientales .....	33

4.2. Características demográficas lagunares y marinas .....	34
4.4. Pesca comercial del cangrejo .....	35
5. Conclusiones.....	39
6. Futuros estudios.....	39
7. Bibliografía .....	41

## Índice de figuras

Figura 1: Vista dorsal y características morfológicas de un ejemplar de hembra de <i>Callinectes sapidus</i> . Fuente: <a href="http://skeletalmelethal.weebly.com">http:// skeletalmelethal.weebly.com</a> .....	1
Figura 2: Morfología del abdomen de <i>Callinectes sapidus</i> en función del sexo y fase de desarrollo. Fuente: <a href="http://www.virginiaplaces.org">http://www.virginiaplaces.org</a> . ....	3
Figura 3: Ciclo de vida de <i>Callinectes sapidus</i> indicando donde y cuando se desarrolla cada fase y su tamaño aproximado. Imagen propia .....	4
Figura 4: Estados de madurez de huevos en <i>Callinectes sapidus</i> . Fuente: <a href="http://www.virginiaplaces.org">http://www.virginiaplaces.org</a> .....	5
Figura 5: Mapa con zonas donde se ha detectado la presencia de <i>C. sapidus</i> hasta la fecha en la costa levantina de la Península Ibérica y Baleares (López y Rodon (2018)).....	8
Figura 6: Hembra de <i>Callinectes sapidus</i> enredada en trasmallo. Fuente: pescadores Guardamar. ....	9
Figura 7: Localización de las zonas de estudio. Fuente: <a href="https://visor.gva.es/">https://visor.gva.es/</a> .....	11
Figura 8: Mapa con las posiciones de las estaciones establecidas en las Salinas. Fuente: <a href="https://visor.gva.es/">https://visor.gva.es/</a> .....	14
Figura 9: Nasas caladas por el barco “Portugués” en Benicarló. Como material se utilizó plástico y como cebo lacha ( <i>Sardinella aurita</i> ) o sardina ( <i>Sardina pilchardus</i> ). Fotografía de la autora. ....	16
Figura 10: Nasas caladas en las estaciones de las Salinas de Santa Pola. Una por estación, hechas de malla metálica como cebo se utilizó carpa ( <i>Cyprinus carpio</i> ) y como lastre para evitar que la arrastrara la corriente se ataba a una roca. Fotografía de la autora (25/6/2018, Azarbe Ancha) .....	17
Figura 11: A la izquierda, parámetros biológicos tomados para cada ejemplar de <i>Callinectes Sapidus</i> y a la derecha medida del ancho del abdomen solo las hembras. Imagen propia.....	18
Figura 12: Interior de una hembra madura de <i>C.sapidus</i> . Fotografía de la autora. ....	18
Figura 13: Distribución espacial y temporal de las capturas de <i>C. sapidus</i> a lo largo de la Comunidad Valenciana durante los años 2016 a 2018. Información no contrastada, obtenida a partir de encuestas telefónicas a las lonjas de varios municipios. Vinarós: 2017, Benicarló:2017, 2018: Peñíscola: 2016, Burriana: 2018, Valencia: 2018, El Palmar: 2018 ,Cullera: 2018, Denia: 2018, Jávea: 2018, Villajoyosa: 2018, Santa Pola: 2016 Guardamar: 2016. ....	21
Figura 14: Variabilidad temporal de la temperatura, salinidad y capturas para cada localidad establecida en las Salinas de Santa Pola a lo largo del estudio.....	23
Figura 15: Variación espacial (superior) y temporal (inferior) de la frecuencia de capturas de cangrejos en las Salinas de Santa Pola a lo largo del estudio. ....	24
Figura 16: Distribución temporal de las categorías de tallas de cangrejo azul: pequeños (<8 cm), medianos (8≤12 cm) y grandes (>12 cm), capturados en las Salinas de Santa Pola a lo largo del estudio.....	25
Figura 17: Variación temporal de las categorías demográficas según sexo y madurez de los cangrejos capturados en las Salinas de Santa Pola a lo largo del estudio. ....	26
Figura 18: Relación CW/peso (arriba) y CL/peso (abajo) para los cangrejos capturados en las Salinas de Santa Pola a lo largo del estudio. ....	27
Figura 19: La nasa experimental con abertura lateral fue calada inicialmente por el pescador de Benicarló y sustituida posteriormente por la de la abertura en la parte superior. Fotografía de la autora. ....	29
Figura 20: Contenidos estomacales observados en ejemplares de <i>C.sapidus</i> procedentes de las Salinas de Santa Pola. En la parte superior se observan restos del cebo puesto en las nasas, a la izquierda espinas y escamas (partes duras) y a la derecha víscera. ....	31



Figura 21: kilos de Callinectes sapidus registrados por año y localidad bajo el código Alfa de FAO: CRB..... XLII

Figura 22: Precio por kilo durante y kilos capturados por mes durante el año 2018.....XLII

Figura 23: Tipos de nasas cangrejerías: nasa para nécoras (a), japonesas: modelo ‘domo’ (b) y modelo ‘pirámide circular’ (c). Fuente: Yamaha Fisheries Journal.....XLVII

## Indice de tablas

Tabla 1: Profundidades, coordenadas y posiciones de las estaciones de las Salinas de Santa Pola, así como las reportadas por los pescadores en el mar. En el caso de Guardamar no se obtuvieron coordenadas exactas, al no facilitarlas el pescador. .... 15

Tabla 2: Estadillo entregado a los pescadores para que completaran con información sobre las capturas de C. sapidus..... 19

Tabla 3: Capturas reportadas por los pescadores de Guardamar y Benicarló, indicando mes, número de cangrejos capturados, profundidad, proporción de tallas y de sexos..... 30

## 1. Introducción

### 1.1 Biología de la especie

*Callinectes sapidus*, Rathbun , 1896, (Brachyura: Portunidae) conocido como “cangrejo azul atlántico”, es un crustáceo decápodo que habita en estuarios, lagunas y otros hábitats costeros. Es eurihalino y euritermo y se ha encontrado tanto en aguas someras como a 90 metros de profundidad aunque prefieren zonas inferiores a los 35 metros. Se caracteriza por una alta fecundidad y comportamiento agresivo (Millikin y Williams, 1984). Se trata de una especie autóctona de las aguas del Atlántico occidental desde Nueva Escocia (Canadá) hasta Argentina (Nehring 2011), lugares donde se explota comercialmente, siendo un recurso importante en pesquerías del Norte y centro América (FAO, 2014).

#### 1.1.1 Características morfológicas

Las características generales de *C. sapidus* descritas por Taisoun (1970) son las siguientes (Fig. 1):

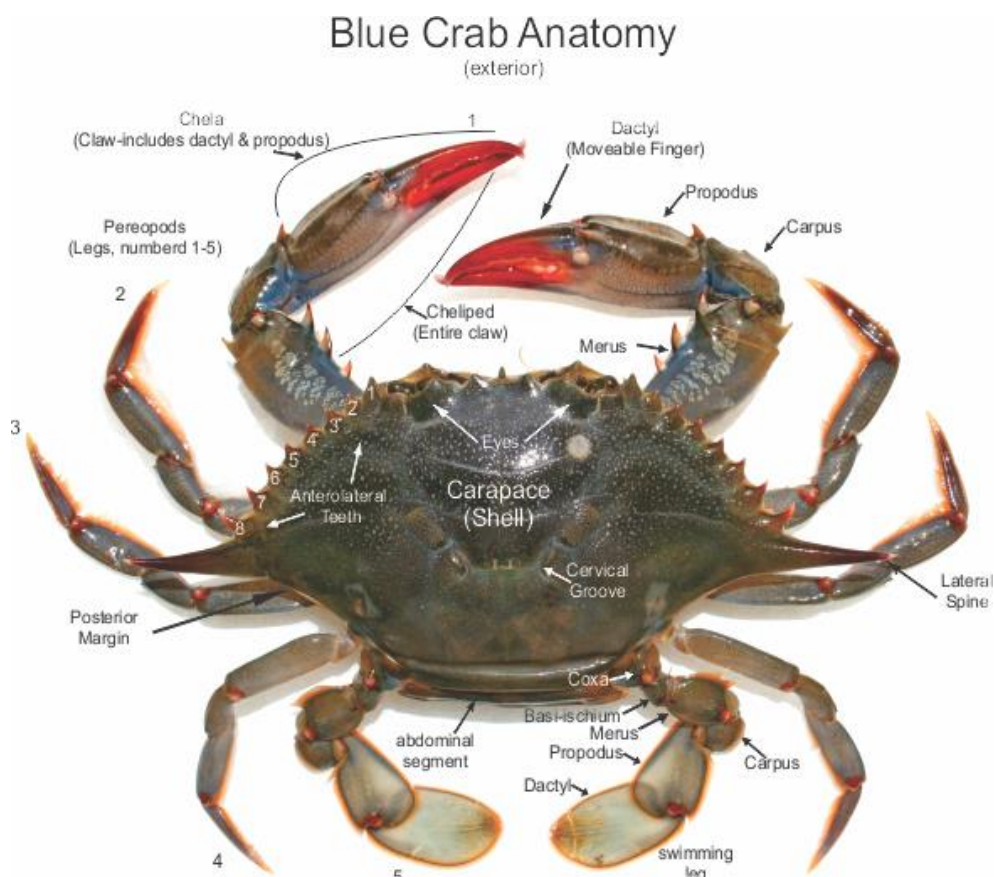


Figura 1: Vista dorsal y características morfológicas de un ejemplar de hembra de *Callinectes sapidus*. Fuente: [http:// skeletalmelel.weebly.com](http://skeletalmelel.weebly.com).

- *Caparazón:* con dos dientes frontales, anchos y triangulares, sub-agudos, con las extremidades casi rectangulares, leves indicaciones de un par mediano de dentículos en la parte interna y oblicua de los dientes frontales. La anchura del caparazón del macho es de 21/5 a 21/2 veces más ancho que largo, algo convexo, con gránulos pequeños en la región cardíaca y regiones branquiales internas y otras menos visibles y esparcidas en la mitad interna del caparazón, el cual puede crecer hasta un ancho de 230 mm. Cuenta con ocho dientes antero-laterales, algo cóncavos en los márgenes. La espina lateral en los machos es de 3 a 4 veces la longitud de los dientes precedentes. El diente supra-orbital interno amplio y ligeramente dividido. De las fisuras superiores de la órbita externa es más corta que la interna, ambas se cierran excepto en la extremidad anterior, donde tienen una abertura en forma de V. Los dientes externos de la órbita alargados, triangulares, agudos, el diente interno sub-ordinal agudo. El caparazón tiene dorsalmente un color verde azulado, con variados tintes de blanco grisáceo o blanco crema.
- *Quelras:* Los lados de los artejos y pinzas poseen gránulos pequeños y casi invisibles, en cambio en la parte inferior, y en gran parte de la palma se atrofian. En los ejemplares juveniles, pequeños y medianos los gránulos son más distinguibles en la mitad anterior del caparazón y en los lados de los artejos y pinzas. Los dientes antero-laterales más anchos, con márgenes más o menos convexos, dientes sub-orbitales internos más anchos y obtusos.
- *Coloración:* La parte superior de las patas marchadoras, el merus, el carpus y los quelípedos del primer par de apéndices son de color azul violáceo, con regiones de verde-pardo. Esta tonalidad azulada que le da el nombre se debe al pigmento  $\alpha$ -crustacyanina, que interactúa con un pigmento rojo, la astaxantina. Los tubérculos de las articulaciones de las patas ambulatorias y nadadoras son anaranjados. La espina del merus del primer par de apéndices es azul violeta en su base y blanco grisáceo en el vértice. Además, las hembras se diferencian de los machos porque presentan un color anaranjado más intenso y extendido en las patas y articulaciones.
- *Abdomen y apéndices sexuales:* los machos siempre presentan un abdomen en forma de T invertida (Fig 2). El abdomen de la hembra adulta es muy ancho, con los márgenes del tercer, cuarto y quinto segmento convexos; el último segmento más largo que ancho. En la hembra juvenil o inmadura presenta un abdomen triangular y sellado al cuerpo, en cambio la hembra adulta lo posee casi semicircular y libre de la parte ventral del animal. El macho juvenil se diferencia del adulto en que el abdomen está estrechamente adherido a la superficie ventral del tórax mientras que en el macho que ya ha alcanzado la madurez sexual ("apareador") el abdomen está libre o se encuentra sostenido en su sitio por un par de pequeños tubérculos en la parte interna (Fig. 2)

### 1.1.2 Ciclo biológico y reproducción

Es una especie con un ciclo de vida de aproximadamente tres años y que consta de cinco fases (Hines, 1987) (Fig. 3): 1ª) Huevo, 2ª) Primer estado larval (zoea), ambas fases de

vida planctónica en mar abierto; 3ª) Segundo estado larval (megalopa); 4ª) Juvenil, siendo estas dos últimas fases de vida bentónica, se desarrollan en la zona costera de carácter estuarino (desembocadura de ríos) donde se alimentan y se refugian de depredadores. Los juveniles comienzan la migración río arriba, y continúan mudando a medida que crecen, unas 18 o 20 veces hasta que alcanza la madurez sexual (Williams, 1984) y pasan a ser adultos; 5ª) Madurez es la última fase, cuando tienen un año o un año y medio de vida (Van Engel, 1958), que se localizan aguas arriba de los ríos y en lagunas costeras de agua dulce o salobre y las hembras ovígeras vuelven a migrar hacia la desembocadura tras la época de apareamiento. La talla de primera maduración oscila entre 7-8 cm (Van Engel, 1985) aunque otros autores (Cadman y Weinstein, 1985) afirman que se alcanza a partir de los 12 cm, dependiendo también de la zona.

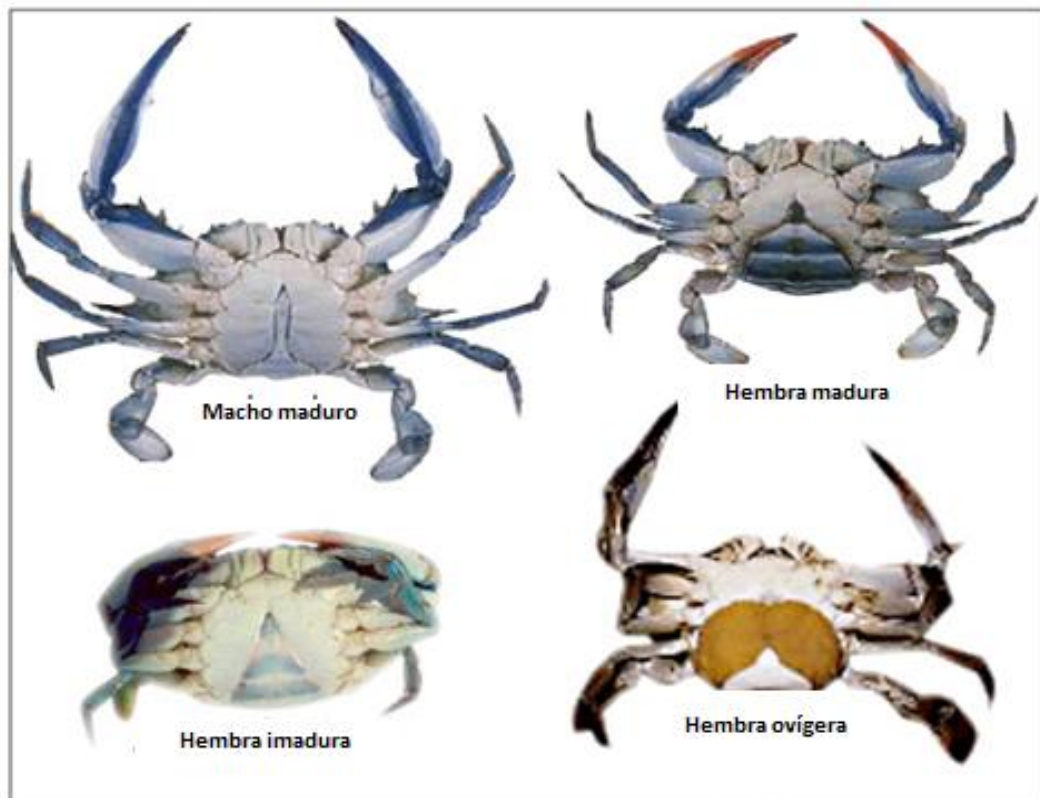


Figura 2: Morfología del abdomen de *Callinectes sapidus* en función del sexo y fase de desarrollo. Fuente: <http://www.virginiaplaces.org>.

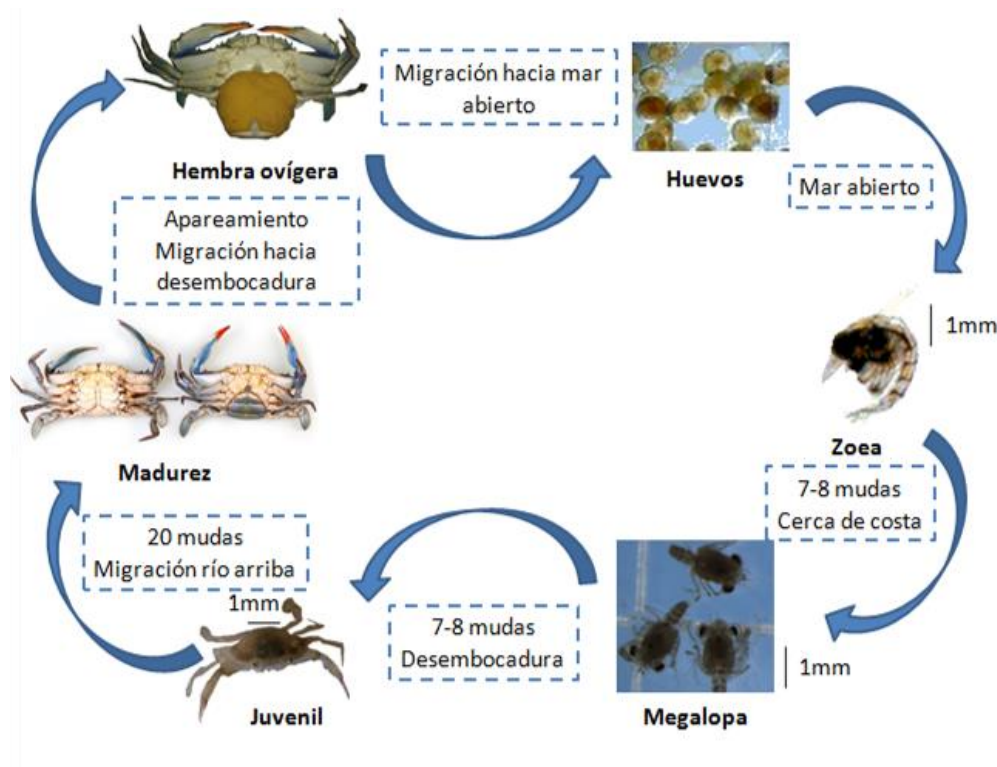


Figura 3: Ciclo de vida de *Callinectes sapidus* indicando donde y cuando se desarrolla cada fase y su tamaño aproximado. Imagen propia

En su hábitat natural, finales de primavera y verano es la época de apareamiento (de mayo a octubre), pero con mayor intensidad en agosto y septiembre. Se reproducen en aguas próximas al mar y son dioicos (sexos separados) con dimorfismo sexual externo e interno, siendo características distintivas la forma de su abdomen y coloración (ver apartado 1.1.1, Fig.2) (Hines et al., 1987)

Las hembras sólo se aparean una vez en su vida justo en el paso de inmadura a madura. Estas comienzan liberando una feromona en el momento que está lista para cambiar la muda con el objetivo de atraer al macho, el cual se coloca detrás de ella y sosteniéndola con sus pinzas y patas ambulatorias, la transporta durante varios días debajo de él hasta que la hembra muda. Con el nuevo caparazón aun blando se unen por la parte ventral y empieza la cópula que dura entre 5 y 12 horas. Después, los machos se quedan junto a la hembra hasta que el caparazón se endurece de nuevo (Hill, 2004).

La hembra almacena el esperma en el receptáculo seminal (espermatóforo) y permanece viable en ella hasta un año después. Parte del contenido seminal está destinado a fecundar los óvulos de un ovario que madura progresivamente hasta dos meses después de la cópula, y el resto del esperma es utilizado para garantizar futuras fecundaciones. Una vez fecundados los huevos la hembra los retiene en su abdomen durante semanas hasta que eclosionan (Van Engel, 1958). Según su estado de madurez, los huevos presentarán distinta coloración (Fig. 4): i) al principio son anaranjados; ii) tras dos semanas amarillos; y iii) a partir de ese periodo se irán oscureciendo hasta el momento de la eclosión, cuando son de color negro. Estos cambios se deben a la actividad del embrión dentro del huevo, ya que absorbe yema gradualmente a la vez que desarrolla el pigmento negro de los ojos (Van Engel, 1958).



Posteriormente las hembras proceden al desove, que según Truitt, (1939) los huevos eclosionan aproximadamente en 15 días a unos 26 °C. Para que se produzca la eclosión necesitan de cierta salinidad, con lo que sólo ocurre cuando la hembra ha migrado al mar (Van Engel, 1958).

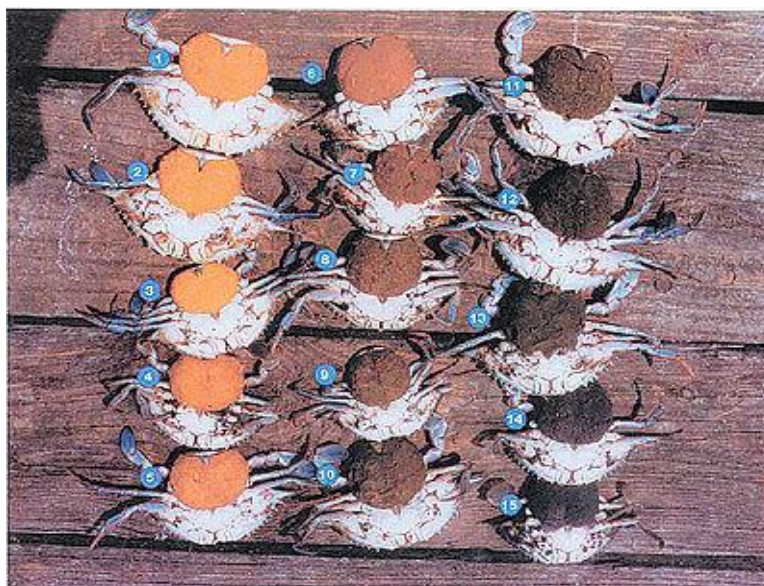


Figura 4: Estados de madurez de huevos en *Callinectes sapidus*. Fuente: <http://www.virginiaplaces.org>

Esta especie tiene un alto poder reproductor, una hembra podría poner de 2 a 8 millones de huevos por puesta (Jivoff et al., 2007), pero el índice de supervivencia es bajo ya que muchos son depredados o mueren por las corrientes y cambios de temperatura (Humes, 1942).

### 1.1.3 Migraciones

La distribución espacial de *C. sapidus* depende del sexo y del estado de desarrollo, pero en general tienen una distribución muy ligada a zonas estuáricas en conexión con ríos o lagunas costeras, migrando a lo largo de su ciclo de vida y estacionalmente entre las diferentes zonas en un gradiente de salinidad. En su área de distribución natural, la migración relacionada con la reproducción consiste en que, después de la cópula, los machos permanecen cerca de la costa y las hembras migran mar adentro en busca de salinidades más altas, ya que aunque se ha comprobado que los cangrejos azules son eurihalinos, la regulación osmótica en las hembras es menos eficiente que en los machos y los huevos requieren elevadas salinidades para eclosionar (Van Engel, 1958).

La migración de las hembras se puede dividir en dos fases (Tankersley et al., 1998) (Fig. 3): i) la primera comprende el desplazamiento desde la zona de copula (ríos, lagunas costeras, etc) hasta aguas estuáricas (desembocadura, canal de comunicación con el mar, etc); y ii) la segunda fase es una migración que realizan las hembras, cuyos huevos están en el último periodo de desarrollo, desplazándose mar adentro transportadas por las corrientes generadas en las mareas nocturnas (Tankersley et al., 1998). Tras el desove utilizan las mismas corrientes de marea para volver a la desembocadura, pudiendo volver a fecundarse ellas mismas (Forward et al., 2003). Estas hembras que llegan a la desembocadura no retornan tierra

adentro a aguas de baja salinidad. Ambas migraciones suponen una ventaja para las hembras, ya que las aguas costeras y los desplazamientos por corrientes de marea les permiten ser más eficientes en la adquisición de alimento y las reservas energéticas para su crecimiento, migraciones y reproducción (Turner et al., 2003). Por otro lado, permanecer en el mar les permite evitar condiciones estresantes como anoxia / hipoxia durante el verano y (Díaz y Rosenberg, 1995). Las hembras que se retrasan mucho o que no consiguen migrar, tienen más probabilidad de morir y además la viabilidad del esperma almacenado en el espermatóforo se reduce (Hopkins, 2002).

El desencadenante de estas migraciones no se conoce pero probablemente sea una señal biótica o abiótica; como la disminución de la temperatura del agua, del fotoperiodo, o el aumento del número de individuos (Herrnkind, 1980). La migración al mar es una estrategia reproductora que supone también una ventaja para la supervivencia de las larvas, que se incrementa debido a una mayor dispersión larvaria, menor fluctuación de los parámetros físicos y menor presencia de predadores comparado con la zona costera. Una vez eclosionados los huevos, las larvas empiezan su migración hacia las áreas de menor salinidad, formando parte del zooplancton y alcanzando las etapas de cangrejo juvenil en aguas estuarinas. En estas etapas del crecimiento, una menor salinidad les permitirá ventajas fisiológicas para el crecimiento, y además reducir la mortalidad por canibalismo, ya que habrá menor número de individuos en periodo de intermuda que puedan alimentarse de los que aun la tienen blanda. Por otro lado, los cangrejos adultos son de costumbres más bentónicas que los juveniles ya que su movimiento es más reducido (Hines, 2003).

Los parámetros ambientales que mayormente influyen en la abundancia y distribución del cangrejo azul son las precipitaciones y las sequías, ya que afectan a la salinidad del agua, y además eventos meteorológicos fuertes pueden afectar por la destrucción del hábitat y la limitación de oxígeno por eutrofización (Hines, 2003). Sin embargo, la estimación de la mortalidad generalmente es difícil para organismos que mudan el exoesqueleto, aunque se cree que durante el cambio de muda es elevada (Hines, 2003). El canibalismo es una fuente importante de la mortalidad en la población juvenil (Ruiz et al., 1993), así como enfermedades (ver apartado 1.1.4); y a menor escala, los escasos depredadores que presenta, básicamente pulpo, aves y grandes peces, además del hombre (ver apartado 1.1.5).

#### *1.1.4 Alimentación*

El cangrejo azul es eurífago, alimentándose de peces de pequeño tamaño vivos o en descomposición, vegetales, bivalvos, crustáceos, poliquetos, anélidos, detritus y carroña (Belgrad y Griffen, 2016) Por lo tanto estos cangrejos tendrán preferencia por hábitats con vegetación acuática sumergida, donde además de la abundancia de alimento, pueden encontrar fácilmente refugio en épocas en las que son vulnerables; cuando cambian la muda o cuando son jóvenes (Hines et al., 1987)

Poseen dos pares de antenas con las que detectan las vibraciones y sustancias disueltas en el agua permitiendo localizar tanto posibles presas como depredadores, siendo muy voraces y muy rápidos en la captura (Soler, 2017). Pueden llegar a consumir entre el 6 – 10 % de su peso corporal; sin embargo, cuando se acerca la época de cambio de muda dejan de alimentarse para empezar a absorber agua para llegado el momento deshacerse del antiguo caparazón, ayudándose de la presión hidrostática y el movimiento de sus músculos.

### 1.1.5. Depredación y parasitismo

Los depredadores en su área natural son, entre otros: los caimanes, tiburones, rayas, anguilas, pulpos y algunas especies de peces de la costa atlántica americana como la lubina rayada o las corvinas, aunque su mayor depredador es el ser humano (Milikin y Williams, 1984). En las zonas invadidas no se ha identificado con seguridad ningún competidor sin embargo los pulpos de gran tamaño podrían ser uno de los depredadores principales.

En cuanto a posibles parásitos existe también una falta de información. En su área de distribución natural son parásitos comunes los cirrípedos, poliquetos y sanguijuelas o los isópodos que viven en las branquias (Messick, 1998; Alvarez et al., 1999). También se han detectado infecciones por el virus patógeno *Callinectes sapidus* reovirus 1 (CsRV1, Flowers et al., 2016); así como, el protozoo *Hematodinium*, el cual ha sido detectado también en cangrejos azules del Mar Jónico (Mancinelli et al., 2013), pero no se sabe si se podrían transmitir a crustáceos autóctonos. En muchas ocasiones, el impacto de las especies invasoras se debe a la introducción de sus parásitos (Howard et al., 1999).

Es interesante considerar en qué medida estos parásitos afectan a la población de cangrejos y hacerse la pregunta si en el proceso de invasión de esta especie en el Mediterráneo estos parásitos desaparecen, lo cual se sabe que puede actuar en beneficio de la especie invasora y ser una causa de su éxito en la expansión y establecimiento en nuevas áreas de distribución (Howard et al., 1999).

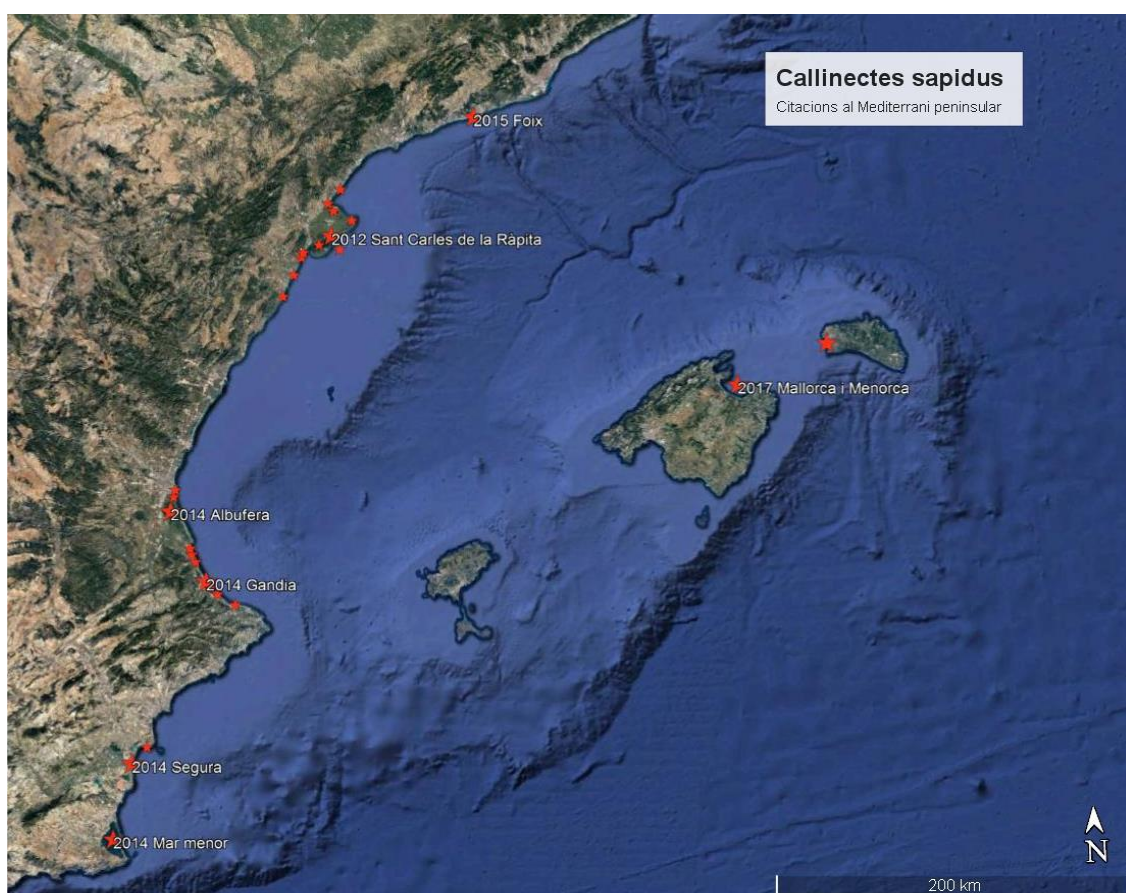
Además, conocer aspectos sobre la depredación y el parasitismo del cangrejo azul puede ser la base como método de control biológico, consistente en la introducción de agentes exóticos de biocontrol. Este método se basa en la creencia de que la mayoría de los invasores “se mantienen bajo control” (y, por tanto, no son invasores) en su hábitat nativo gracias a la acción de toda una serie de parásitos, agentes patógenos y predadores. Cuando un invasor se establece en un nuevo hábitat o ecosistema, muchas veces lo hace sin la presencia de aquellos parásitos, agentes patógenos y predadores capaces de controlarlo, por lo que puede crecer y proliferar libremente. El control biológico exige encontrar alguno de esos organismos controladores que forman parte del ámbito original del invasor, cultivarlo y liberarlo para que controle a la especie exótica en su nuevo hábitat, reduciendo así su crecimiento y expansión y el impacto sobre su “nuevo hogar” (Howard et al., 1999).

## 1.2 Especie invasora

Actualmente, a nivel internacional, esta especie se considera una especie exótica o *alien* invasora (IAS, en sus siglas en inglés) que se introdujo en el norte de Europa en 1900 a través de las aguas de lastre de los barcos, y que posteriormente se ha ido extendiendo por aguas vecinas, incluido el Mediterráneo, (Nehring, 2011). El primer registro en este mar fue en Egipto en 1940 (Banoub, 1963) y desde entonces ha ido estableciendo poblaciones en 12 países, tanto del Mediterráneo Oriental como Occidental. Debido a su gran capacidad para colonizar hábitats y su resistencia se considera una de las 100 peores especies invasoras en el Mediterráneo (Streftaris y Zenetos 2006). Sin embargo, hay poca información sobre su impacto ambiental, algo común en el caso de especies invasoras con tan rápida expansión como esta especie. Hasta el presente alrededor de 1300 especies marinas han sido introducidas en Europa sin embargo tan solo se ha estudiado el impacto a nivel local de 100 de ellas (Vilà et al., 2009).



A nivel nacional, aunque ha habido avistamientos esporádicos en 2004 en el Mar Menor (Gimenez-Casaldueiro et al., 2016) la primera población establecida apareció en aguas mediterráneas españolas fue en noviembre de 2012 en el Delta del Ebro (Castejón y Guerao, 2013) y no fue hasta 2014 cuando se empezaron a registrar capturas accidentales en varias localidades de la costa valenciana (Albufera de Valencia, Estany de Cullera, Brosquil, Tavernes, Gandía, Oliva) y en la provincia de Alicante, el 6 de diciembre de 2014 se capturó accidentalmente en una red el primer ejemplar en el río Segura (Izquierdo-Gómez e Izquierdo-Muñoz, 2016). También se han encontrado ejemplares en la costa murciana principalmente en el Mar Menor (González-Wangüemert y Pujol, 2016, Mancinelli et al., 2017).



**Figura 5: Mapa con zonas donde se ha detectado la presencia de *C. sapidus* hasta la fecha en la costa levantina de la Península Ibérica y Baleares (López y Rodon (2018)).**

Probablemente, el cambio climático puede haber jugado un papel importante en el establecimiento de esta especie al suroeste del Mediterráneo, ya que se ha detectado el aumento de temperatura de las aguas tanto en este como en el Sur Atlántico. Según Hines et al (2010) la variación estacional de la temperatura del agua determina su ciclo reproductivo, de esta forma con temperaturas inferiores a 10°C los cangrejos permanecen inactivos, afectando negativamente tanto a la tasa de supervivencia como a la de reproducción. Debido a ese aumento de la temperatura en dichas zonas los inviernos son más suaves y por lo tanto la tasa de mortalidad será menor y su proliferación mayor.

Por otro lado, hay una falta general de información ecológica acerca de los efectos negativos del cangrejo azul sobre los ecosistemas invadidos (Mancinelli et al., 2017). Sin embargo, lo que es destacable es el efecto negativo sobre la pesca artesanal a nivel local. Los cangrejos quedan atrapados en las redes de trasmallo (Fig. 6) y al intentar escapar no solo quedan enredados, si no que pueden llegar a romperlas. Además, los cangrejos pueden alimentarse de los peces que ya han sido atrapados, imposibilitando su posterior venta, por lo que el impacto económico es muy importante. También, es evidente el impacto negativo sobre las especies autóctonas (Nehring, 2011). Por lo tanto, aunque reconocido como especie invasora por las regulaciones medioambientales europeas (EU, 2014), el cangrejo azul no está sujeto a ningún control, ya que no está incluido en la lista de especies de interés para la Unión Europea (EU, 2016).



**Figura 6: Hembra de *Callinectes sapidus* enredada en trasmallo. Fuente: pescadores Guardamar.**

En su hábitat original, *Callinectes sapidus* tiene gran importancia en las redes tróficas bentónicas (Hines, 2007) también representa el recurso principal de grandes pesquerías en América del Norte y Central (FAO, 2014), tanto comercial como recreacional, con una captura de aproximadamente 74.495 toneladas en Estados Unidos durante el año 2013 y facturando unos 185 millones de dólares (NOAA, 2014).

### **1.3. Cangrejo azul como posible recurso pesquero**

Desarrollar un plan de gestión para la utilización de esta especie como recurso permitiría combinar una política de control con estrategias de mitigación, desarrollando así la economía alrededor de este producto cuyo valor aún se desconoce en Europa. Para ello es necesario una minuciosa evaluación del impacto ecológico del cangrejo azul, aunque desafortunadamente existen muy pocos estudios que proporcionen datos cuantitativos sobre la abundancia de las poblaciones establecidas a lo largo del Mediterráneo, así como su pesca experimental, mediante técnicas o estrategias adaptadas tanto al espacio como a su ciclo reproductivo (Cilenti et al., 2016). Existen datos diversos sobre la madurez y fecundidad de las poblaciones, en cambio faltan datos necesarios para la evaluación de stock como la abundancia y mortalidad natural.

Tras ser aceptado en el mercado existe el riesgo de que no se contemple como una especie invasora y se ignoren los riesgos que conlleva su establecimiento definitivo (Pasko y Goldberg, 2014). Debido a la importancia económica que conlleva el establecimiento de una pesquería dedicada a esta especie, puede incentivar a su pesca o la exportación ilegal tanto a nivel nacional como internacional consiguiendo así el efecto contrario ya que se promueve su invasión (Nuñez et al., 2012). Esto ocurre en Grecia, donde se exportan cangrejos azules vivos para venderlos en los mercados italianos y portugueses (Ribeiro y Veríssimo, 2014). Sin embargo, en el Sur de Europa apenas es conocido el valor culinario del cangrejo azul, que posee un 14-16 % de carne en relación a su peso total (Desrosier y Tressler, 1977). Al respecto, podría ser complicado su aceptación en el mercado ya que existen otras especies de interés comercial con más porcentaje de carne como *Cancer pagurus* (25-30%) (Barrento et al., 2009). La extracción de quitosano y astaxantina de los caparazones para su uso en productos farmacéuticos, cosméticos y biotecnológicos puede suponer otra oportunidad de mercado además de reducir los restos tras retirar la carne (Demir et al., 2016).

#### **1.4. Objetivos**

El objetivo principal de este estudio es conocer la biología y ecología del cangrejo azul americano en el Sureste de la Península Ibérica, particularmente, en el humedal costero de las Salinas de Santa Pola. Adicionalmente, también se han obtenido datos de pesca en la franja marina conectada con este humedal, en la desembocadura del Río Segura en Guardamar (Sur de Alicante) y en la franja marina de Benicarló (Norte de Castellón). Como objetivos secundarios: i) determinar la abundancia, distribución espacial y temporal; ii) definir las principales características biométricas; iii) realizar la distribución de tallas y categorías demográficas; iv) estudiar su pesca en las poblaciones de Guardamar del Segura (Alicante) y Benicarló (Castellón) y v) plantear recomendaciones para el estudio de su viabilidad como recurso pesquero.



## 2. Material y métodos

### 2.1 Áreas de estudio

La zona de estudio del Sur de la provincia de Alicante se ubica dentro de la comarca del Bajo Vinalopó, en transición con el Bajo Segura y en la que desembocan ambos ríos. También se encuentran los Parques Naturales de El Hondo y las Salinas de Santa Pola, humedales importantes en biodiversidad lagunar (Paracuellos et al., 2007). El clima es semiárido con una temperatura media anual de 18°C y una tasa media de precipitación por debajo de 300 mm (Bazin et al., 2014) con dos periodos muy marcados: i) el de lluvias torrenciales en otoño-invierno; y ii) muy seco en verano (López-Pomares et al., 2015) (Fig. 7).

Benicarló se encuentra en un llano litoral entre el Montsiá y la sierra de Irta, este llano está formado por los depósitos del río Sénia o Cenia y Servol o Cérvol, también recibe aportes de la rambla del Cervera (llamado río Seco en su tramo final) y pequeños afluentes del barranco de la Barbiguera (Norte de Vinaroz) y el de Pulpis (Sur de Benicarló). La salinidad en su costa oscila entre 37-38 PSU, aunque con fuertes cambios debido a las precipitaciones en la zona, además de poca visibilidad por los aportes que arrastran las corrientes del Ebro y el resto de pequeños ríos irregulares (López Gómez, 1975) (Fig. 7).



Figura 7: Localización de las zonas de estudio. Fuente: <https://visor.gva.es/>

Originalmente la zona de las Salinas y Guardamar fue un golfo marino de Elche (Sinus Ilicitanus), en el que desembocaban el Segura y el Vinalopó, que terminaron colmatándolo por la cantidad de sedimentos que arrastraban y dando lugar a una zona pantanosa conocida como la llanura del campo de Elche (Belda et al., 2008). A lo largo del tiempo se llevaron a cabo numerosas desecaciones para generar un paisaje de cultivos que fue evolucionando con los años hacia una agricultura intensiva. Esto, junto con el crecimiento de población en la zona, supuso un cambio paisajístico dado la escasez de agua en estos ambientes. Así, se fueron desarrollando sistemas para suplir esta carencia, creando una compleja red de canales de riego que transportaban el agua desde lagunas y ríos colindantes hasta los cultivos. Esta es la configuración actual de la zona, siendo estos canales construcciones de diversos materiales y dimensiones, por lo tanto el agua que circula por ellos será de calidad variable y fluctuará temporalmente, así como sus características hidrográficas (principalmente temperatura, salinidad, oxígeno). Por otro lado, actúan como conectores entre ambientes acuáticos (Aspe et al., 2014) comunicando así cualquier zona costera antropizada, como las aguas estuarinas de la desembocadura del Segura en Guardamar con humedales relativamente aislados, como las laguna del Hondo, de aguas salobres o dulces.

A su vez, este sistema hídrico sostiene poblaciones tanto piscícolas como avícolas de interés de conservación, estando declaradas como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA). En cuanto a la flora, destacan la acuática de saladares y los carrizales. Tanto la zona de las Salinas de Santa Pola como El Hondo son parques regionales gestionados por la Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient, Canvi Climàtic i Desenvolupament Rural. (<http://www.parquesnaturales.gva.es/>).

Existen una serie de canales (azarbes) de mayor tamaño, denominados Ancha, Convenio y Robatorio, al norte de la zona de estudio, en las proximidades de El Hondo; son los que presentan una mayor calidad pesquera por su mayor regularidad en el caudal y la concentración salina. Por otro lado, el azarbe de Mayayo presentaría mayor cantidad de lodo. (Belda et al., 2008).

A lo largo de sus 315 km de recorrido el río Segura atraviesa una cuenca de 18870 km<sup>2</sup> de superficie al sureste de la Península Ibérica en una región semiárida. Justo en la desembocadura, el agua es hiperhalina (36 psu), pasando a ser polihalina 2-3 km río arriba (19-23 psu) (Bazin et al., 2014).

El 6 de diciembre de 2014, se capturó accidentalmente en una red el primer ejemplar en el río Segura (Izquierdo-Gómez e Izquierdo-Muñoz, 2016). Se trataba de un macho y se identificó la especie en base a características morfológicas (Izquierdo-Gómez e Izquierdo-Muñoz, 2016). Por lo tanto debido a la conexión entre las aguas del Segura y estos humedales parece ser que los cangrejos está proliferando por toda la zona.

## **2.2 Métodos y material de muestreo**

Inicialmente se planteó un muestreo simultáneo con replicación espacio-temporal en dos ambientes: marino-estuarino y lagunar. En ambos casos el método de captura sería similar, mediante pesca experimental con nasas, lo cual permitiría comparación de abundancias.

Para el sistema marino-estuarino se contaba con la colaboración de la Cofradía de Pescadores de Guardamar y de Benicarló. Sin embargo, ha habido diversos condicionantes e inconvenientes logísticos, principalmente debido a que los pescadores no obtuvieron autorización para pesca con nasas en el transcurso de este estudio, de hecho se ha concedido recientemente, y además ha habido muy poca colaboración por parte de los pescadores registrando información de pesca accidental del cangrejo (Tabla 8; ver apartado 2.2.2).

Para el estudio del sistema lagunar de las Salinas de Santa Pola se contó con la colaboración del personal de mantenimiento del parque, que realizan un seguimiento de las poblaciones del cangrejo desde el año 2018, bajo las directrices de la Direcció General de Medi Natural i Avaluació Ambiental (Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient, Canvi Climàtic i Desenvolupament Rural) realizando un muestreo mensual desde mayo de 2018 hasta abril de 2019, en canales secundarios que conectan este sistema lagunar con un canal principal que conecta con la desembocadura del Río Segura (Canal de Convenio). Cuando se inició la colaboración se incorporaron 5 estaciones más en el seguimiento, a lo largo Canal del Convenio (Fig.8, Tabla 1)

La mayoría de ejemplares capturados fueron trasladados al laboratorio del Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR), donde se almacenaron congelados y etiquetados debidamente con la fecha y la estación para posteriormente ser sexados y medidos biométricamente según la metodología descrita en Carrozzo et al., (2014) detallada a continuación.



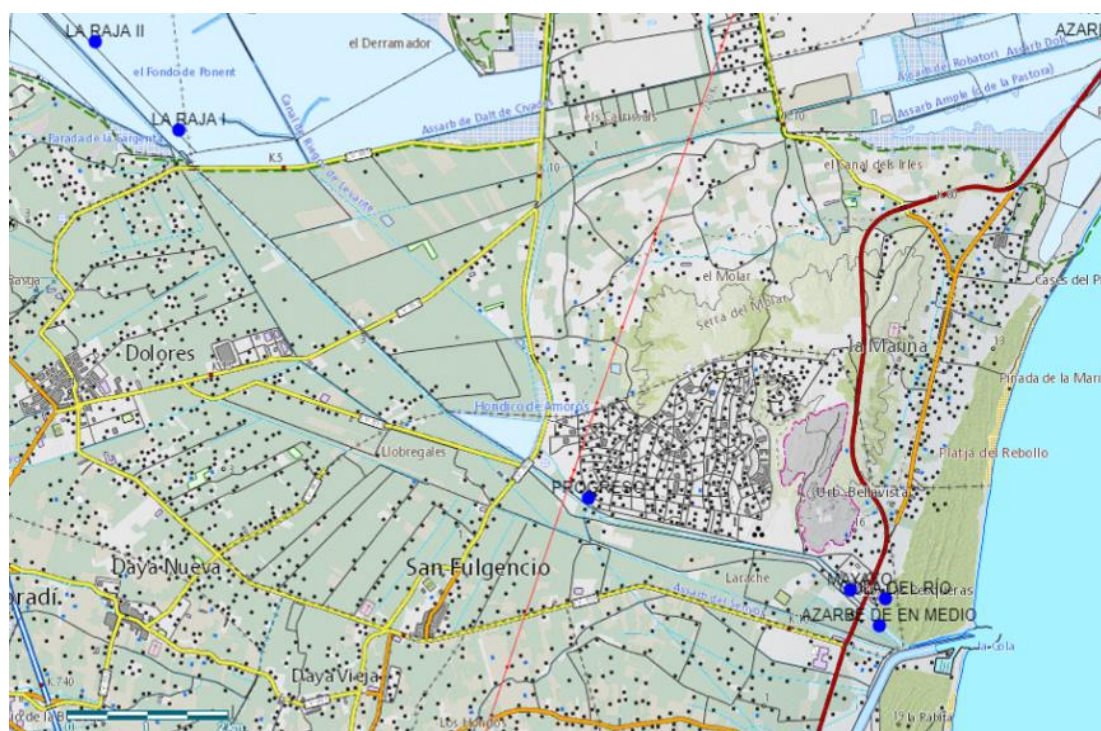


Figura 8: Mapa con las posiciones de las estaciones establecidas en las Salinas. Fuente: <https://visor.gva.es/>

**Tabla 1: Profundidades, coordenadas y posiciones de las estaciones de las Salinas de Santa Pola, así como las reportadas por los pescadores en el mar. En el caso de Guardamar no se obtuvieron coordenadas exactas, al no facilitarlas el pescador.**

LOCALIDAD	ESTACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	LATITUD	LONGITUD
salinas	PLAYA LISA	1,2	38º 11' 53.70"N	0º 34' 39.73" W
salinas	TORRE TAMARIT	1,3	38º 11' 8.26" N	0º 36' 44.64" W
salinas	VINALOPO	2	38º 11' 1.17" N	0º 36' 47.26 W
salinas	ROBATORIO	2	38º 10' 44.40" N	0º 37' 16.08" W
salinas	AZARBE ANCHA	1	38º 10' 35.67" N	0º 37' 20.51" W
salinas	AZARBE EN MEDIO	0,8	38º 6' 43.98" N	0º 39' 17.32" W
salinas	COLA RIO	1,5	38º 6' 54.36" N	0º 39' 13.95" W
salinas	CANAL MAYAYO	0,3	38º 7' 2.32" N	0º 39' 27.57" W
salinas	CANAL PROGRESO	0,8	38º 7' 37.96" N	0º 41' 41.87" W
salinas	RAJA I	1	38º 10' 0.34" N	0º 45' 14.36" W
salinas	RAJA II	1	38º 10' 35.44" N	0º 45' 57.01" W
Guardamar	DESEM N	4	500 m N	
Guardamar	DESEM S	5	600 m S	
Benicarló			40º 25' 11.4" N	0º 26' 42.6" E

### *2.2.1 Ambiente marino: Guardamar y Benicarló*

El muestreo en el mar se planteó de mayo-2018 a marzo-2019 en dos localidades de la costa levantina de España: Benicarló (Noreste de Castellón) y Guardamar del Segura (Sureste de Alicante). A lo largo de las zonas de estudio la costa es baja y arenosa y los pescadores han observado la abundancia de ejemplares de cangrejo azul en las capturas accidentales en la pesca de trasmallo y nasas. Las redes y nasas como la que aparece en la figura 9, permanecían caladas durante toda la noche y se recogían al alba, cuando había capturas de cangrejo. En el caso de Guardamar, los pescadores informaban de la situación para ir a puerto y tomar nota in situ de todos los parámetros incluyendo la distancia de la costa y profundidad donde habían calado. Desde Benicarló se recibieron mediante correo electrónico la fecha, posición el número y medidas aproximadas de cada ejemplar. Sin embargo, solamente se recibieron registros de capturas en dos ocasiones (23/11/2018 y 21/12/2018) (Tabla 1). Dichas muestras de ambas



localidades no fueron almacenadas ya que existía interés en ponerlas a la venta por parte de los pescadores.

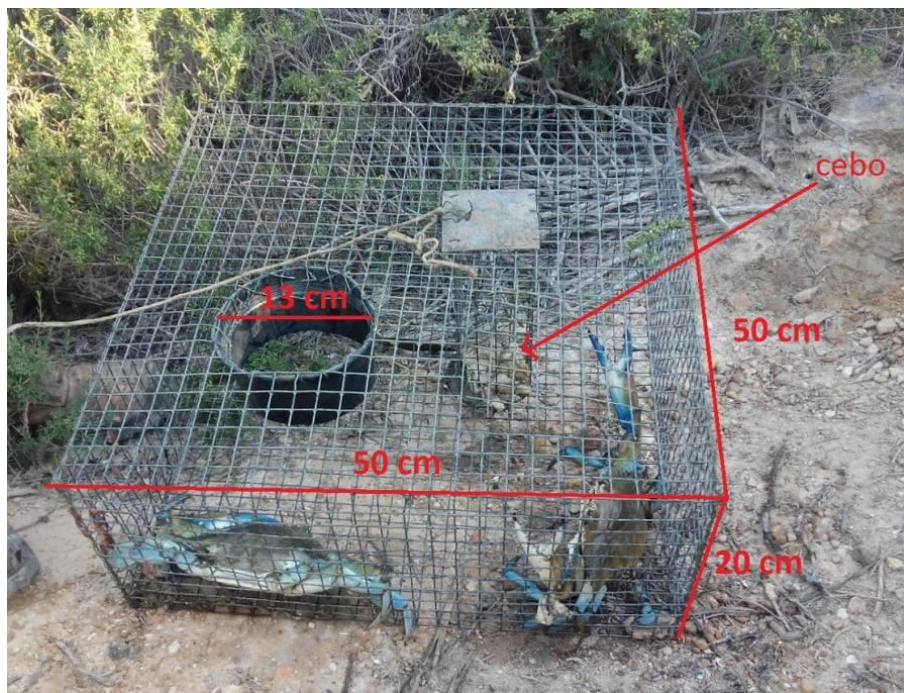


Figura 9: Nasas caladas por el barco “Portugués” en Benicarló. Como material se utilizó plástico y como cebo lacha (*Sardinella aurita*) o sardina (*Sardina pilchardus*). Fotografía de la autora.

### 2.2.2 Ambiente lagunar

Por otro lado, durante el mismo periodo de tiempo, el muestreo en las lagunas costeras se realizó en el Parque Natural de las Salinas de Santa Pola. Se calaron una serie de nasas (50 x 50 x 20 cm) como se aprecia en la figura 10, durante 24 horas en las estaciones reflejadas en la tabla 1. Para representar los datos los meses de muestreo se agruparon por estaciones basadas en los cambios de temperatura ambiente, de tal forma que la agrupación por meses fue: Invierno: enero y febrero, primavera: marzo, abril, mayo, junio, verano: julio, agosto, septiembre y otoño: octubre, noviembre y diciembre.

Por otro lado se tomaron datos hidrográficos con una sonda multiparamétrica: temperatura y salinidad tanto el día de calado como el de virado de la nasa.



**Figura 10:** Nasas caladas en las estaciones de las Salinas de Santa Pola. Una por estación, hechas de malla metálica como cebo se utilizó carpa (*Cyprinus carpio*) y como lastre para evitar que la arrastrara la corriente se ataba a una roca. Fotografía de la autora (25/6/2018, Azarbe Ancha)

### 2.3 Parámetros biológicos

El sexo se determinó visualmente por la forma del abdomen descrita en la introducción (ver apartado 1.1). Para las hembras maduras, se estableció si estaban ovadas, y según la coloración de los huevos, se pudo indicar el estado de maduración de estos. También, se midió la anchura del abdomen en su unión al cefalotórax (AW); la anchura del cefalotórax en cm (CW), que corresponde a la distancia entre las dos espinas laterales más externas y la longitud del cefalotórax (distancia entre el margen interorbital anterior y el centro del margen posterior) en cm (CL) (Fig. 11). Además se estimó el peso húmedo total (g). La anchura del cefalotórax puede ser indicadora del estado de madurez, por ejemplo, los estudios realizados por Cadman y Weinstein (1985) establecen que la talla de primera madurez en *C.sapidus* se alcanza a partir de los 12 cm y se define como inmaduros machos o hembras que tienen las placas del abdomen soldados al céfalotórax. Harding (2003) estableció que las tallas se podrían agrupar en tres intervalos: pequeños (CW<8cm), medianos (CW 8<12 cm ) y grandes (CW >12cm).

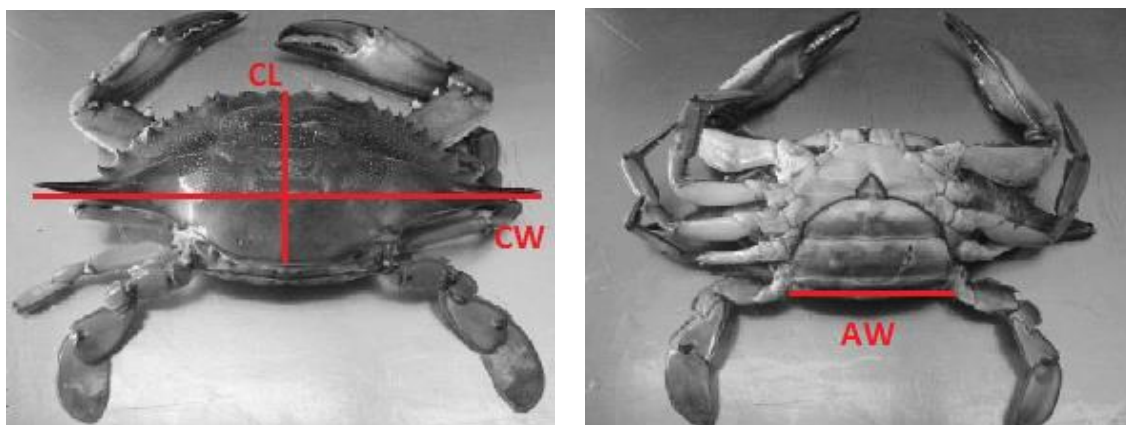


Figura 11: A la izquierda, parámetros biológicos tomados para cada ejemplar de *Callinectes Sapidus* y a la derecha medida del ancho del abdomen solo las hembras. Imagen propia.

Se analizaron los contenidos estomacales de cada ejemplar pero con especial interés en los capturados con las redes en el mar, ya que no existe el riesgo de encontrar restos de cebo como ocurre en las capturas de las nasas.

Por otro lado se abrieron todos los individuos de *C.sapidus* con un  $CW \geq 12\text{cm}$  para pesar las gónadas y el hepatopáncreas (función de reserva) (Fig. 12) con el fin de utilizar estos datos en futuros estudios y establecer una relación entre ambos parámetros, siendo indicadores del estado de condición de poblaciones de cangrejo azul (Hines, 2003). Por debajo de esta talla se observó que carecían de gónadas. La madurez de las gónadas en las hembras se determinó visualmente por el color: blancas-transparentes indica un estado de inmadurez o de reposo, en cambio un color anaranjado indica que están preparadas para reproducirse.

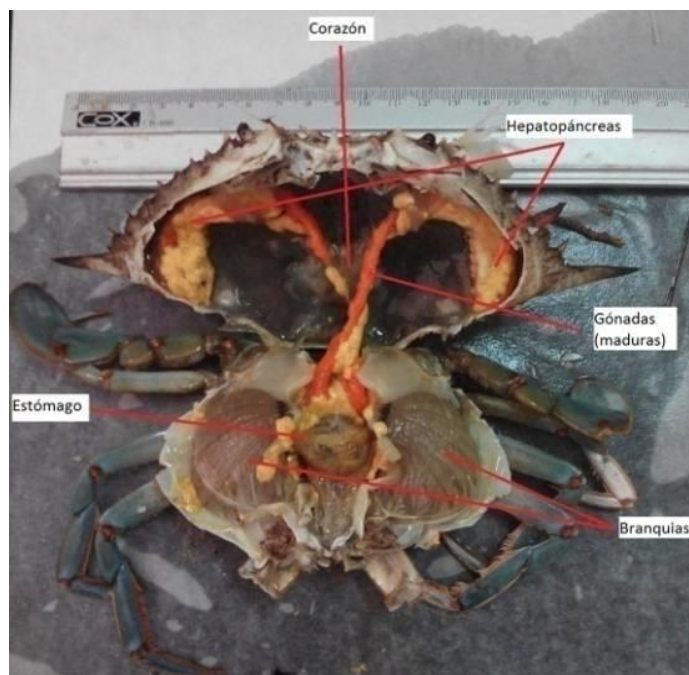


Figura 12: Interior de una hembra madura de *C.sapidus*. Fotografía de la autora.

Se establecieron dos relaciones biométricas con el peso de los cangrejos capturados en las Salinas de Santa Pola mediante la ecuación:  $W = a L^b$ , en la que W es el peso (g), L es en el primer caso CW (cm) y en el segundo CL (cm), a es la pendiente de la recta y b es el coeficiente de regresión que se determinaron con una regresión lineal logarítmica  $\log(W) = \log(a) + b \log(L)$  (Lagler, 1968). La fiabilidad de estas se define a partir del p-valor, siendo aceptable cuando  $p < 0.05$  y no fiables en el caso de  $p > 0.05$ .

## 2.4. Colaboración del sector pesquero

Con el objetivo de definir el estado de la expansión del cangrejo a otras zonas, se realizó una encuesta telefónica con las principales cofradías de la Comunidad Valenciana.

Para el registro de datos mediante pesca accidental, se entregó a los patrones implicados en el estudio de cada localidad, Guardamar y Benicarló, un estadillo como el que aparece a continuación para que anotaran las capturas durante los meses de verano:

**Tabla 2: Estadillo entregado a los pescadores para que completaran con información sobre las capturas de *C. sapidus*.**

fecha	posicion (lat y long))	prof.	cebo	hora calado	hora virado	numero individuos	anchura(cm)	p.h (g)	sexo	madurez	huevos	color

## 2.5. Análisis de datos

Se generó una base de datos donde se registra fecha, localidad, características hidrográficas, características del hábitat, distancia a puertos, desembocadura, tipo de canal (natural, artificial) en el caso del ambiente lagunar, etc. Además, todos los parámetros biológicos de la especie.

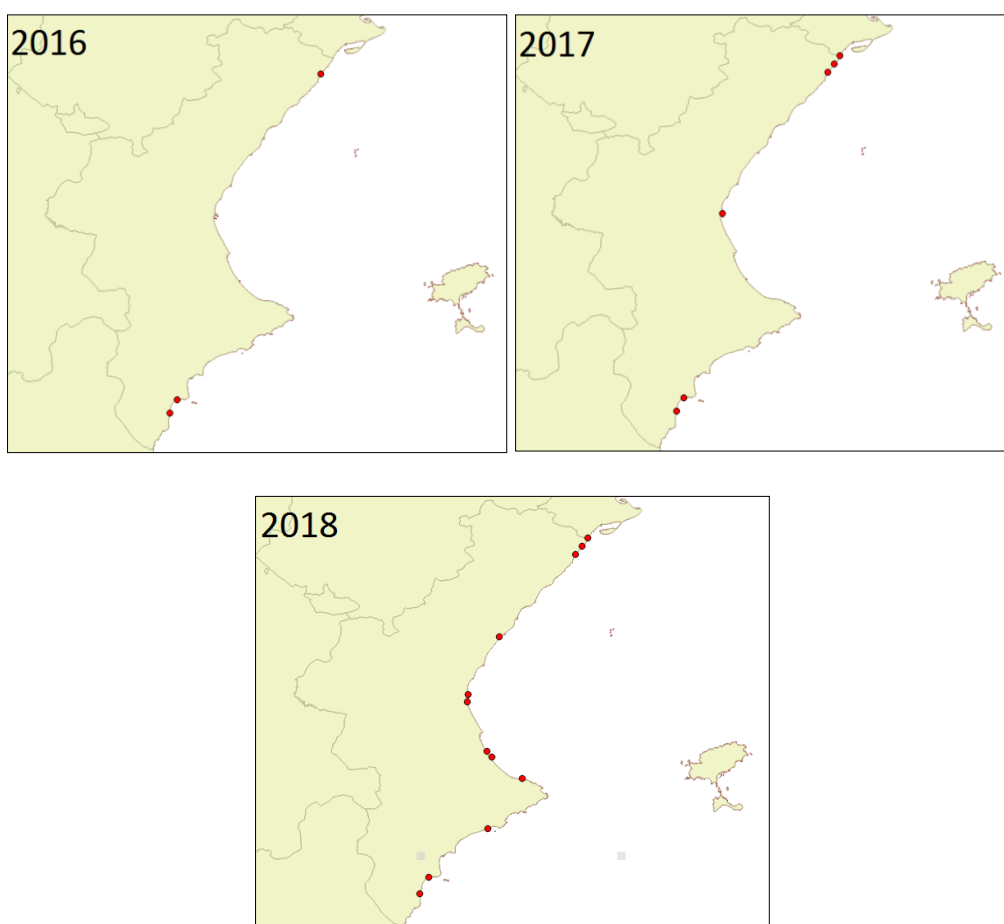
La creación de bases de datos y gráficos se realizó en Excel, se utilizó el programa estadístico R para comprobar las relaciones biométricas



### 3. Resultados

#### **3.1. Encuestas a cofradías de pescadores**

Las localidades más al Norte (Vinarós, Benicarló, Peñíscola, Burriana) mostraron preocupación y gran interés en colaborar ya que afirmaban ser las más afectadas por la invasión del cangrejo. Por el contrario, en el Sur de la Comunidad en muchas lonjas (Denia, Jávea, Villajoyosa) parecen no haber visto ninguno o alguno con muy poca frecuencia. A pesar de esta diferencia de distribución, todas las lonjas coincidían en que los cangrejos azules que llegaban eran capturas accidentales o bien de trasmallo o de arrastre y en mayores cantidades durante los meses de verano. A partir de esa información se elaboró un mapa con la evolución de los registros de cangrejo (Fig. 13).



**Figura 13: Distribución espacial y temporal de las capturas de *C. sapidus* a lo largo de la Comunidad Valenciana durante los años 2016 a 2018. Información no contrastada, obtenida a partir de encuestas telefónicas a las lonjas de varios municipios. Vinarós: 2017, Benicarló:2017, 2018; Peñíscola: 2016, Burriana: 2018, Valencia: 2018, El Palmar: 2018 ,Cullera: 2018, Denia: 2018, Jávea: 2018, Villajoyosa: 2018, Santa Pola: 2016 Guardamar: 2016.**



### 3.2. Ambiente lagunar

El muestreo en las Salinas de Santa Pola transcurre ininterrumpidamente en las mismas estaciones una vez al mes desde mayo de 2018 (Playa Lisa, Torre Tamarit, Vinalopó, Robatorio y Azarbe Ancha), además en agosto de 2019 se añadieron estaciones en el Canal del Convenio (Azarbe de En Medio, Cola del río, Canal Mayayo, Canal El Progreso y La Raja I y II) (Tabla 1). Se consideró añadir estas últimas dada la importancia del Canal del Convenio que conecta con el río Segura en su desembocadura en el mar.

En ningún mes se observaron capturas accidentales en las nasas. En una ocasión dos nasas fueron robadas por lo que no se tuvieron en cuenta para dicha estación en ese mes. Otro aspecto a destacar durante el periodo de muestreo es la voracidad de los cangrejos capturados durante la época estival ya que en 24 horas terminaban por completo con el cebo que habitualmente eran restos de carpa de 20 cm aprox.

#### 3.2.1 Distribución espacio-temporal de las capturas

En la figura 14 se observa una tendencia común en la temperatura del agua en todas las localidades sufriendo una fuerte caída desde verano hasta otoño; desde los 25 - 30°C que se mantuvieron durante los meses de verano hasta alrededor de los 15 °C. Continuó disminuyendo gradualmente durante los meses de invierno registrando en algunos casos mínimas cercanas a los 10°C. Se observó un aumento de 5°C con la entrada de la primavera alcanzando alrededor de los 20°C. El valor máximo se detectó en la estación del Vinalopó durante verano (29.2°C) y la mínima registrada fue de 8.5 °C en el canal del Robatorio en la época de otoño.

Por otro lado, la salinidad varió bastante tanto espacialmente como temporalmente con valores que oscilaron entre las 25-5 psu. En general se registraron valores más altos durante verano, sin embargo las salinidades más estables (alrededor de 10 psu) se registraron en las estaciones de Torre Tamarit y Playa Lisa. En el resto de estaciones la salinidad tendió a disminuir considerablemente en otoño y mantenerse estable por debajo de 10 psu durante los meses de invierno. La salinidad para las estaciones del convenio siguió la misma tendencia aunque con valores mas bajos (entre 13 y 2 psu). En Azarbe de en medio y Mayayo se mantuvo estable durante los meses de muestreo y considerablemente baja, sin alcanzar las 5psu. El máximo de salinidad fue registrado en Azarbe ancha durante el verano, con un valor de 20.62 psu mientras que el mínimo fue en otoño, 1.48 psu en Canal Mayayo.

En cuanto a las capturas, la mayoría de capturas se concentraron en los meses de primavera y verano a excepción del Vinalopó donde se capturaron más ejemplares en invierno. Las capturas en las estaciones del convenio se distribuyeron mas homogéneamente a lo largo del tiempo de muestreo, especialmente en la Cola del Río, en la cual se han capturado más cangrejos (N=12). Por el contrario no se registró ninguna captura en Azarbe de Enmedio (Fig. 14).

Respecto a la frecuencia de capturas, en la figura 15 se aprecia que Cola del Río fue la estación con mayor frecuencia de capturas (1.3 cangrejos capturados por calado) seguida de La Raja I, con un valor de 0.8, y fue ligeramente superior a Azarbe Ancha y Torre Tamarit (0.6 y 0.5 respectivamente). Vinalopó, Playa lisa, Mayayo, La Raja II y Progreso han registrado una frecuencia entre 0.3 y 0.2 por debajo de estas, la frecuencia fue de 0.1 cangrejos en Robatorio y por último Azarbe de En Medio con 0 capturas.

Todas las capturas, aunque escasas, se concentran en los meses de verano, con una frecuencia de 0.7 cangrejos por calado de nasa, mientras que en primavera el valor fue de 0.5, seguido del invierno (0.3 cangrejos por nasa) y por último el otoño, época más escasa en capturas con una frecuencia de 0.2.

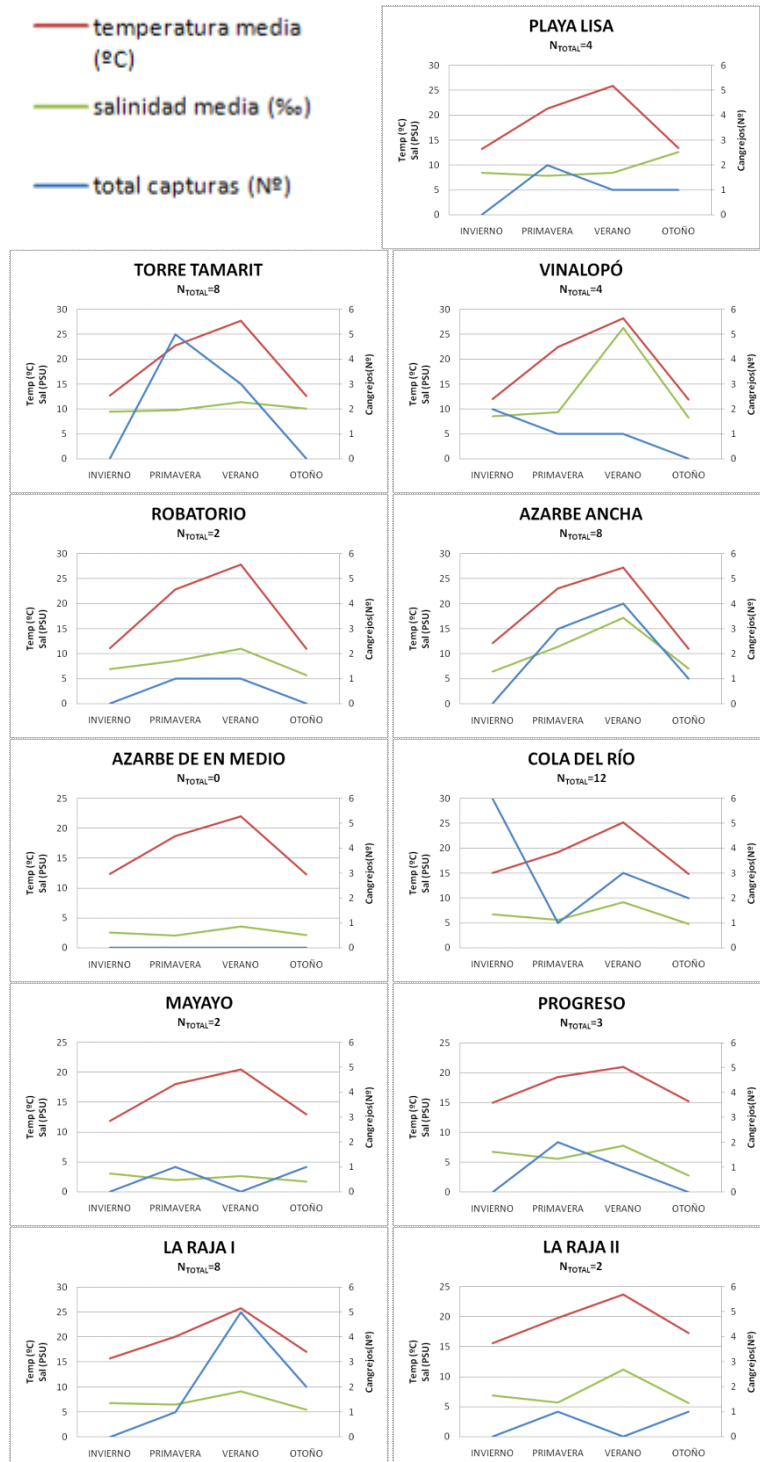
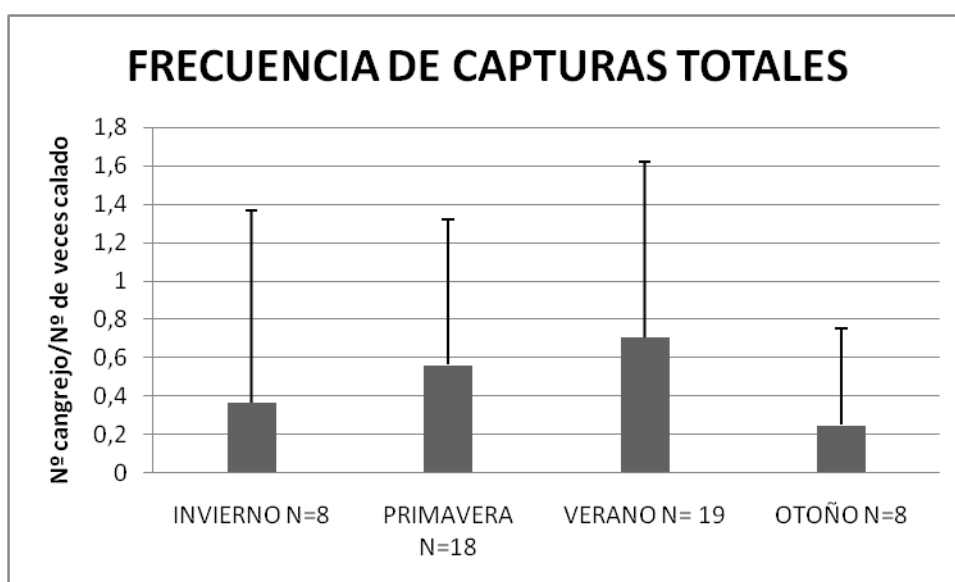
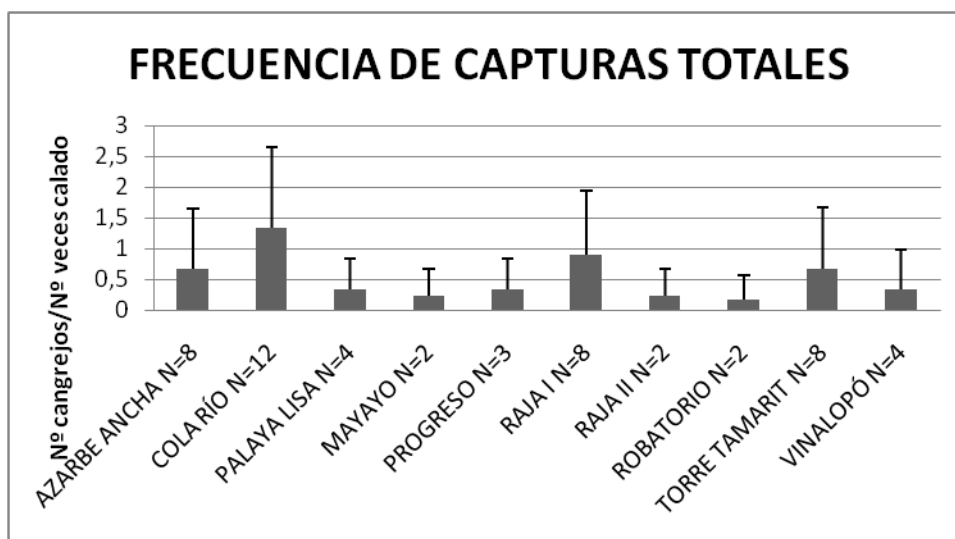


Figura 14: Variabilidad temporal de la temperatura, salinidad y capturas para cada localidad establecida en las Salinas de Santa Pola a lo largo del estudio.





**Figura 15: Variación espacial (superior) y temporal (inferior) de la frecuencia de capturas de cangrejos en las Salinas de Santa Pola a lo largo del estudio.**

### 3.2.2 Distribución tallas

Durante los meses de invierno las capturas fueron principalmente cangrejos medianos (71%) y pequeños (29%). Por otro lado en primavera el número de cangrejos pequeños se redujo considerablemente ya que tan solo fueron el 6% del total así como los medianos (39%), sin embargo el 55% restante fueron cangrejos de gran tamaño. En verano no se observaron ejemplares medianos, excepto un 6% de pequeño tamaño, todos fueron grandes. Por el contrario en otoño, la mitad de las capturas fueron cangrejos pequeños, y los medianos y grandes un cuarto del total cada uno (Fig 16).

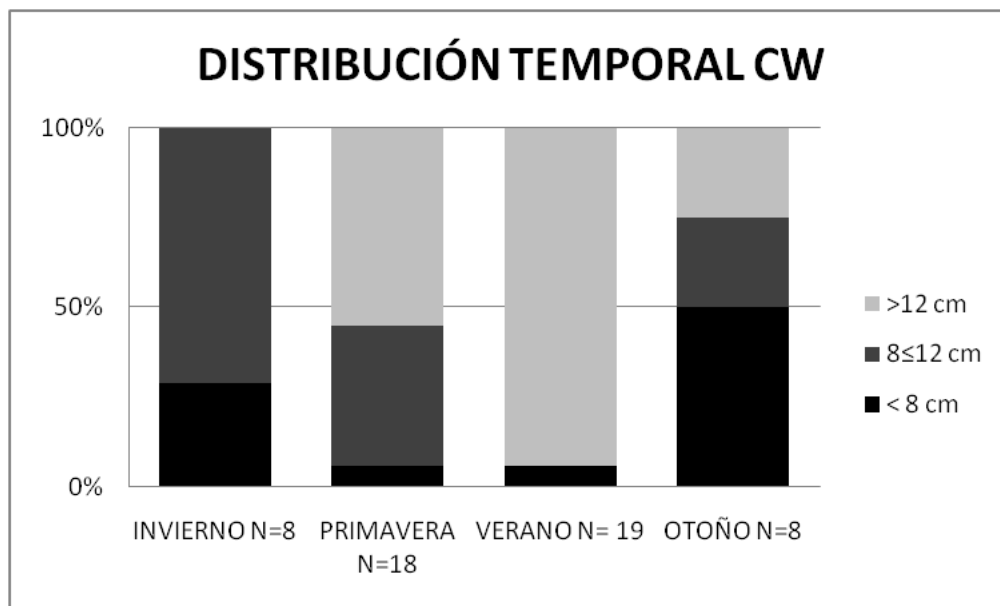
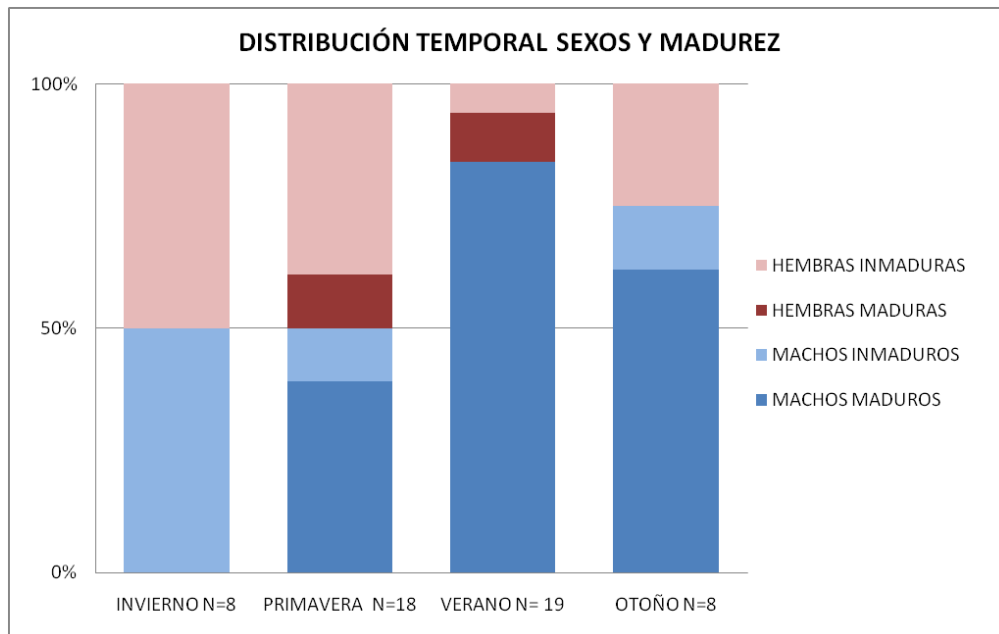


Figura 16: Distribución temporal de las categorías de tallas de cangrejo azul: pequeños (<8 cm), medianos (8≤12 cm) y grandes (>12 cm), capturados en las Salinas de Santa Pola a lo largo del estudio.

### 3.2.3 Categoría demográfica

Durante la época de invierno se capturaron solo ejemplares inmaduros, la misma proporción de hembras que de machos (50%). En primavera se observaron cangrejos de ambos sexos en los dos estados de desarrollo, la misma cantidad tanto los machos maduros como de hembras inmaduras (39%) y en menor medida pero en la misma proporción también machos inmaduros y hembras maduras (11%). En verano el 84% de las capturas fueron machos maduros y el resto fueron hembras, 10% maduras y 6% inmaduras (Fig 17).



**Figura 17: Variación temporal de las categorías demográficas según sexo y madurez de los cangrejos capturados en las Salinas de Santa Pola a lo largo del estudio.**

### 3.2.4 Relaciones biométricas

Para la relación entre el ancho de cefalotórax (CW) y el peso ( $PV=2*10^{-16}$ ) valor de la pendiente de la recta fue de 2.810 mientras que para la relación con la longitud de este ( $PV=2*10^{-16}$ ) fue de 3.087, mientras que los valores de  $R^2$  fueron 0.941 y 0.943 ( $N=53$ ) respectivamente (Fig. 18). La relación AW/peso gonadas no fue significativa, ( $PV=0.284$ ) por lo que no se muestran los resultados.

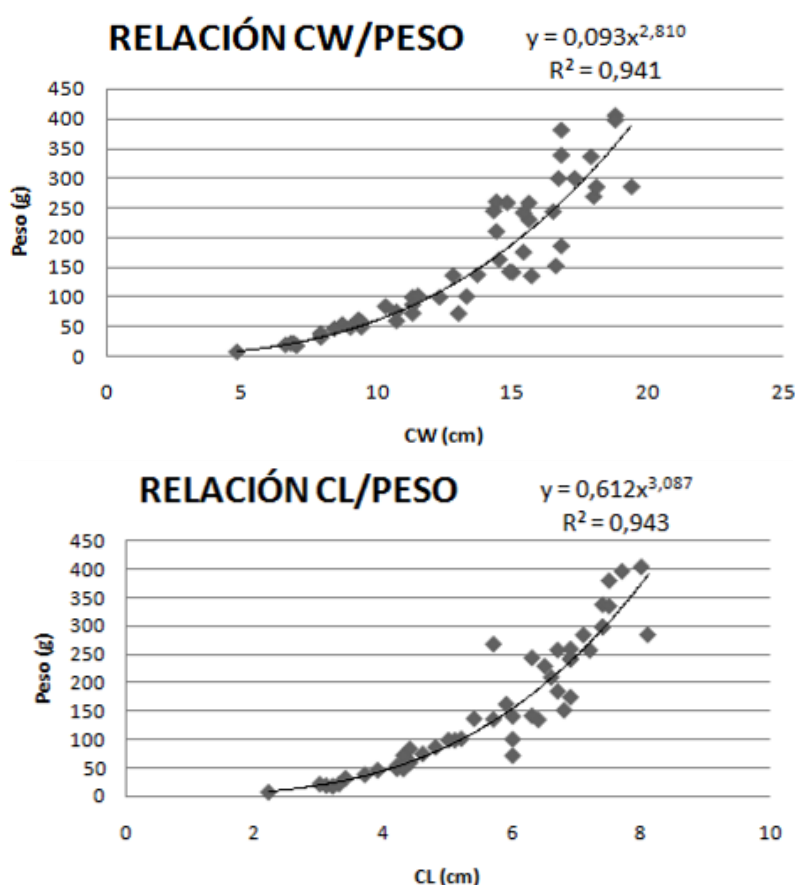


Figura 18: Relación CW/peso (arriba) y CL/peso (abajo) para los cangrejos capturados en las Salinas de Santa Pola a lo largo del estudio.

## 3.3. Ambiente marino

### 3.3.1. Colaboración con pescadores de Guardamar

En la reunión que tuvo lugar en septiembre de 2018 el pescador nos confirma que durante los meses de verano ha tenido el barco averiado y el mismo se encuentra de baja. Se estudia autorizar el barco de su hijo, el "Victoria" para calar las nasas. El resto de pescadores de la zona han capturado algunos ejemplares en las redes caladas durante este periodo, afirmando que el 90% de estas son hembras ovadas y se han observado huevos en todas las

fases de desarrollo. Sin embargo han tomado medidas ante la rotura de las redes y ya no calan donde se sabe que hay cangrejos, por lo tanto nos sugieren calar redes viejas en dichos puntos para capturar ejemplares. Frente a la pregunta de una posible causa de entrada de esta especie en la zona nos hablan de una tienda en Elche que vende cangrejos para pescar, sin embargo, pescadores deportivos de caña afirman que se trataría del cangrejo verde (*Carcinus maenas*), ya que el azul sería un mal cebo por sus espinas y agresividad.

En octubre de 2018 se volvió a hablar con el patrón del “Victoria”, el cambio de nombre en el permiso de pesca con nasas seguía pendiente y la propuesta de poner redes viejas se rechazó ante la ausencia de un incentivo económico. Por otro lado notificaron dos días capturas accidentales en sus redes y se midieron y pesaron los primeros ejemplares de *C. sapidus* capturados en el mar para este estudio. Se compraron dos ejemplares para almacenar y analizar contenidos estomacales. Hablando con otros pescadores en el puerto confirman que se capturan muchos menos que en verano, la mayoría machos de gran tamaño y las hembras no presentan huevos.

En noviembre de 2018 tuvo lugar una reunión con el patrón mayor, donde se le propuso una serie de medidas para frenar la proliferación del cangrejo en la zona, como la pesca complementaria con nasas y quizás un sistema de fases de redes en la desembocadura del río. El patrón afirma que todos los pescadores colaborarían activamente si se recompensa económicamente, pero siempre como algo complementario. Durante el mes de diciembre de 2018 los pescadores no notifican ninguna captura.

Respecto a las lonjas, en Guardamar empezó a registrarse como cangrejo azul, en noviembre de 2018, en Santa Pola también pero antes aparecía como falsa nécora. Se solicitan los datos de la venta de lonja a ambas cofradías.

Ninguna captura es notificada hasta el mes de marzo de 2019, en el que un día sacan 13 hembras, anchura media de caparazón 12 cm y sin huevos. Nos confirman que durante este mes han estado capturando una o dos hembras la mayoría de días y que el precio de venta ha disminuido considerablemente porque en la zona del Delta del Ebro están sacando grandes cantidades.

### 3.3.2 Colaboración de pescadores de Benicarló

En la reunión de septiembre el armador y patrón del barco, comunican que no han pescado ningún ejemplar, aunque tienen las nasas caladas y las revisan ocasionalmente, piensan que el problema está en el tipo de nasa utilizada, con la abertura de la trampa en los laterales (Fig. 19), que al ser estos nadadores y disponer de espacio para ello encuentran la salida.

Solicitan que se les autorice a calar otras nasas con la abertura por la parte superior ya que las han probado y funcionan mejor. Comentan que los arrastreros sí que están sacando (3 millas de costa, aprox. 20 m de profundidad), pero más cerca del Ebro. La secretaria nos confirma que se pescan ejemplares (aproximadamente la misma proporción de machos que de hembras) pero que no pasan por lonja. Ante la pregunta sobre que piensan sobre la causa de entrada del cangrejo hablan de la cementera mexicana (CEMEX), situada en la zona, que tiene un flujo de barcos importante con América, viniendo vacíos (con agua de lastre) y cargando cemento en Tarragona. Sugieren que visitemos Vinaroz, localidad mas próxima dirección norte, donde aseguran que los cangrejos se pescan y se subastan en lonja.

En noviembre envían un correo con el estadillo de las capturas de un día en las nasas y un vídeo y en contraste con Guardamar todas son hembras y sin huevos. Las nasas utilizadas tienen las aberturas en los laterales. En enero envían el estadillo del mes de diciembre, esta vez con más capturas con una proporción de 19 hembras (sin huevos) y 4 machos. Como capturas accesorias registraron un ejemplar pequeño de dorada (*Sparus aurata*) y un pulpo mediano (0,5kg).



**Figura 19:** La nasa experimental con abertura lateral fue calada inicialmente por el pescador de Benicarló y sustituida posteriormente por la de la abertura en la parte superior. Fotografía de la autora.

### 3.3.3 Colaboración de pescadores de Vinaroz

En una reunión con el subastador, efectivamente nos confirma que tienen datos de subasta, pero lo incluyen como “cangrejos” pescándose con trasmallos y con red de arrastre (aproximadamente 1 caja de 10 kg/día), sin embargo evitan calar en las zonas donde hay cangrejos ya que rompen las redes y por su bajo precio no es rentable llevarlo hasta puerto (50 cent/kg). A partir del mes de junio se empiezan a pescar en cantidad, sobre todo hembras.

También asegura que donde más hay es en el puerto, en todos los diques y zonas poco profundas limítrofes de arena y roca donde hay pescadores con caña o con una linterna y un salabre que pescan grandes cantidades. Finalmente muestran gran interés de participar en el proyecto en un futuro.

### 3.3.4. Información de los registros de los pescadores

La escasa información obtenida a partir del registro por parte de las embarcaciones participantes en el estudio (Tabla 3), permite obtener algunas comparaciones que deberían considerarse contrastar en futuros trabajos. La talla de todos los cangrejos capturados en Guardamar con las redes fue de >12cm, excepto un ejemplar de <8cm. En Benicarló con las nasas la mayoría de capturas fueron medianos (8≤12 cm). La medida de CW máxima registrada en la primera localidad fue de 19.4 cm en el mes de noviembre mientras que la mínima fue de 6 cm en el mismo mes. Para Benicarló ambos valores fueron 21.4 y 6 también en este mes.

En el caso de Guardamar la proporción de sexos cambia con el tiempo ya que los machos en octubre suponían menos de la mitad del total y en el mes siguiente no se capturaron hembras, al contrario que en Benicarló donde ese mismo mes solo se capturaron hembras y en diciembre algunos machos. Por último, en el mes de marzo, la tendencia en Guardamar fue diferente ya que se capturaron solo hembras.

En cuanto a las hembras ovadas, en Guardamar se capturaron 3 en octubre con los huevos de color marron/negro, sin embargo solo se pudo pesar la masa de huevos de una de ellas (CW=18cm) con un peso de 38g.

Respecto a la madurez, excepto algunas capturas reportadas de un día en el mes de marzo en Guardamar, todos fueron cangrejos maduros. Ocurrió lo contrario en Benicarló donde los ejemplares inmaduros fueron capturas comunicadas en el mes de noviembre y diciembre.

**Tabla 3: Capturas reportadas por los pescadores de Guardamar y Benicarló, indicando mes, número de cangrejos capturados, profundidad, proporción de tallas y de sexos.**

LOCALIDAD	Fecha	TOTAL (N)	PROF. (m)	<8 cm	8≤12 cm	>12 cm	MACHOS	HEMBRAS
<b>GUARDAMAR</b>	oct-18	10	4	0	0	10	4	6
<b>GUARDAMAR</b>	nov-18	6	4	0	0	6	6	0
<b>GUARDAMAR</b>	mar-19	13	5	1	0	12	0	13
<b>BENICARLÓ</b>	nov-18	21	2	1	20	0	0	21
<b>BENICARLÓ</b>	dic-18	21	3	0	17	4	4	17

### 3.4 Comparación sexos y tallas en los dos ambientes

Los escasos datos reportados por los pescadores nos permiten hacer una serie de observaciones comparando los ambientes marinos (Benicarló y Guardamar) y el lagunar (P.N. Salinas de Santa Pola).

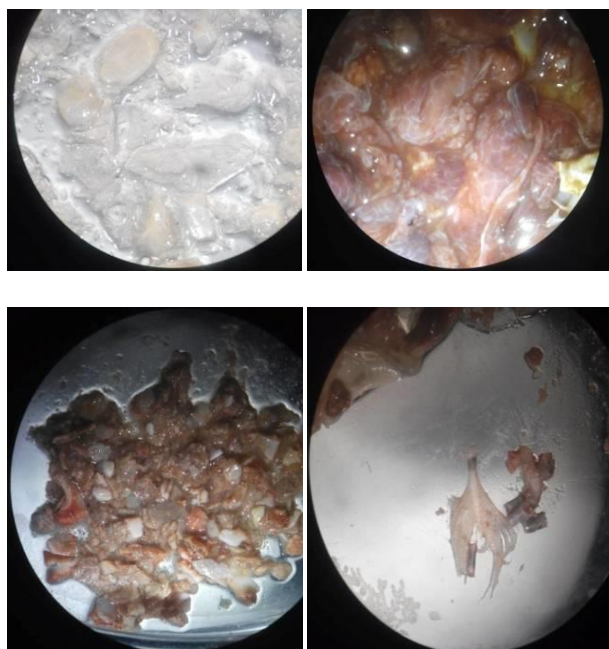
Existe una diferencia en la proporción de sexos en las capturas de ambos ambientes, por un lado, en las Salinas el 60% de los cangrejos fueron machos, sin embargo en el mar se invirtieron las proporciones ya que las hembras fueron el 62% de las capturas.

Los valores de la media del ancho de cefalotorax (CW) en los ejemplares capturados en el mar fueron de 12.9 cm, superando ligeramente a a media registrada en las Salinas (12.8cm). En cuanto al sexo, la talla media fue superior en los machos, dentro de estos, los capturados en el mar superan los 15 cm mientras que los de las Salinas no alcanzan los 14 cm. La media de las hembras en el mar alcanzó los 12 cm, 0.6 cm más que las capturadas en las Salinas.

### 3.5. Contenidos estomacales

Como se ha comentado anteriormente existía interés en averiguar la composición de la dieta de *C.sapidus* en la zona, sin embargo solo se disponía de dos ejemplares recogidos del mar y desafortunadamente ambos tenían el estómago vacío. Por lo tanto se procedió a analizar los contenidos de los ejemplares capturados en las Salinas, y aunque la mayoría contenían vísceras, espinas y escamas procedentes del cebo (Fig. 20), en algunos se pudo observar restos de distinta procedencia como diminutas piezas de lo que parece ser un crustáceo de otra especie o una pluma junto con lo que parecen ser restos de fragmentos de huesos huecos.

En el caso de las pinzas de crustáceo, posiblemente se trata de la otra especie presente en los sistemas lagunares, ligado a aguas dulces, que es el cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*).



**Figura 20:** Contenidos estomacales observados en ejemplares de *C.sapidus* procedentes de las Salinas de Santa Pola. En la parte superior se observan restos del cebo puesto en las nasas, a la izquierda espinas y escamas (partes duras) y a la derecha víscera.

### 3.6 Capturas en la Comunidad valenciana

Como se observa en la figura 21, a partir de 2016 existen registros de *Callinectes sapidus* bajo el código Alfa establecido por la FAO para esta especie: CRB. En este año, se registraron en Vinaroz y en Peñíscola un total de 12 y 20 kilos al año respectivamente. En 2017 tan solo fueron registradas como tales las capturas en la localidad de Peñíscola, duplicando los kilos del año anterior. En cambio, en 2018, Vinaroz, Burriana; Castellón y Guardamar del Segura de incorporaron a los registros de cangrejo azul con cantidades decrecientes en este orden. En el caso de Peñíscola la cantidad de cangrejos capturados se elevó a 200 kilos en ese mismo año.

Se representó la variación del precio por kilo en las capturas de registradas como CRB en la Comunidad Valenciana durante el 2018 al disponer de datos de prácticamente todo el



año. En la figura 22 se observa como el precio empieza a ascender a partir de febrero de 2 a 3 €/kg hasta una pronunciada subida de abril a mayo cuando alcanza los 5 €/kg. Desciende ligeramente al pasar a junio para volver a aumentar en julio, que es donde se produce una brusca caída hasta casi 1 €/kg. En noviembre el precio se eleva de nuevo superando los 3 €/kg en diciembre.

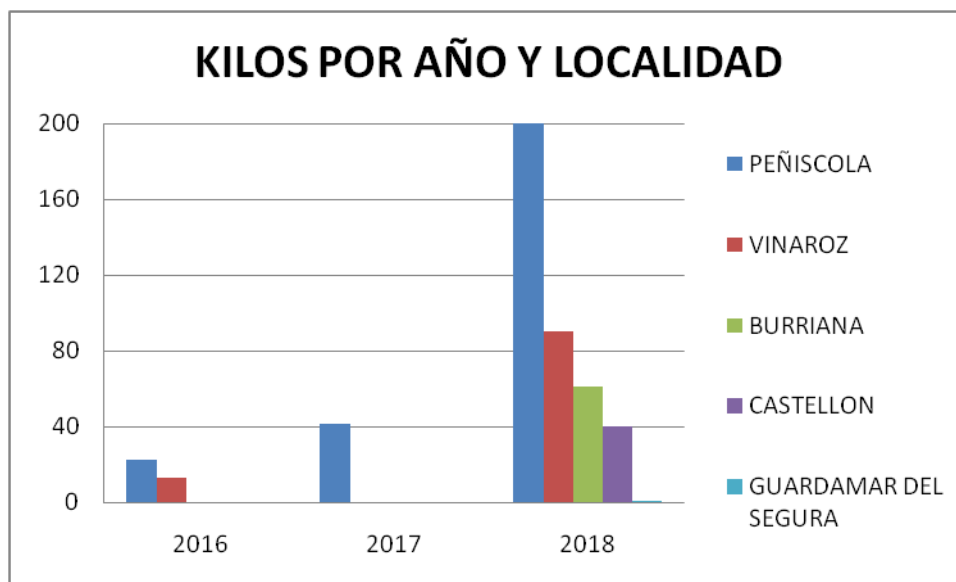


Figura 21: kilos de *Callinectes sapidus* registrados por año y localidad bajo el código Alfa de FAO: CRB

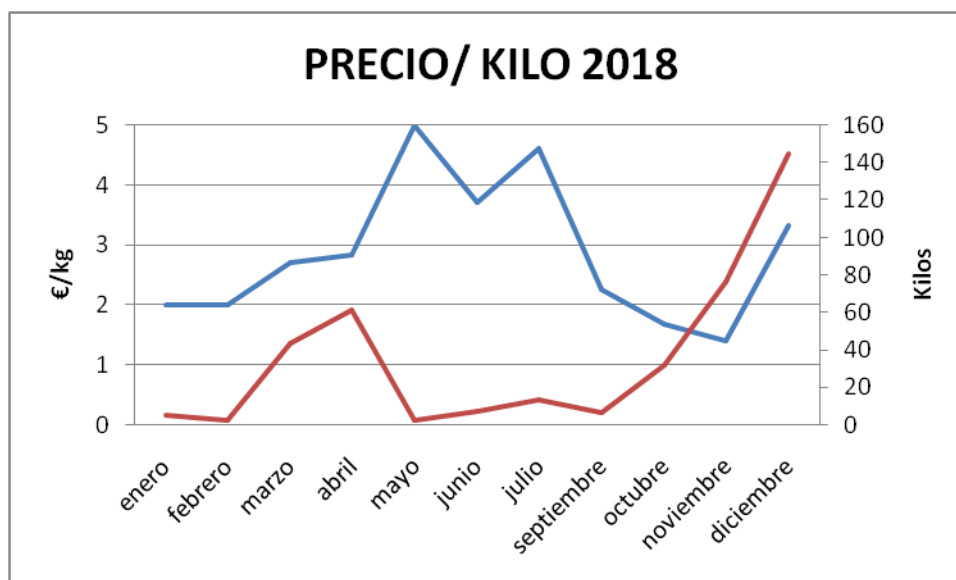


Figura 22: Precio por kilo durante y kilos capturados por mes durante el año 2018

## 4. Discusión

Los resultados del presente estudio permiten evaluar el estado actual de la expansión del cangrejo azul en la zona. Por una parte, los datos obtenidos de las encuestas realizadas a las cofradías indicaron que su área de distribución se ha extendido. Por otra parte, esta especie está establecida en el humedal de las Salinas de Santa Pola además de en otros humedales de los que se disponen datos todavía sin procesar (El Hondo de de Elche, Marjal Pego-Oliva y La Albufera de Valencia (Ventura et al., 2018))

Sin embargo los datos plasmados en este trabajo no permiten demostrar algunas hipótesis planteadas pero sirven como base para futuros trabajos.

### **4.1. Abundancias en el sistema lagunar y factores ambientales**

Las grandes fluctuaciones anuales en abundancia son características de las poblaciones del cangrejo azul, aparentemente como resultado de variaciones inducidas por el medio ambiente en el reclutamiento (Ulanowicz et al., 1982). Las capturas disminuyen en general durante los meses de invierno, ya que los cangrejos inhiben su movimiento en temperaturas inferiores a 10°C (Hines et al., 2010).

La temperatura en las estaciones muestreadas sufre una fuerte caída en otoño para mantenerse durante el invierno y luego volver a aumentar gradualmente hasta el máximo en verano, al igual que la temperatura ambiente. Sin embargo, en las estaciones más alejadas de la costa (Progreso, Raja I y Raja II) la temperatura no disminuyó tanto en otoño-invierno como en el resto. Esto podría deberse a su mayor proximidad al origen del canal del Convenio: una fuente de agua subterránea (Trigueros, comm. Pers.). En general la salinidad fue más alta durante el verano ya que esta época es característica en la zona por la ausencia de precipitaciones y mayor evaporación, así como la llegada del otoño significa la llegada de lluvias torrenciales (López-Pomares et al., 2015), lo cual explicaría la disminución de la salinidad.

Por otro lado, la variabilidad espacial haría referencia a las fluctuaciones temporales en el caudal y calidad del agua debido a la comunicación que existe entre todo el sistema hídrico formado por estos canales y azarbes (Aspe et al., 2014). El tamaño del canal y su estabilidad en el caudal también son factores importantes (Belda et al., 2008). Por ejemplo, existen estaciones, como Azarbe Ancha y Robatorio que son canales de mayor tamaño y por lo tanto más estables en salinidad y caudal; sin embargo, son unas de las estaciones con mayor y menor frecuencia de capturas respectivamente. Esto podría ser debido a una mayor o menor abundancia de cangrejos en ambos canales. La tendencia tanto de la temperatura del agua como de la concentración de sal son muy similares en estas estaciones, la única diferencia podría estar en la profundidad, ya que en Torre Tamarit y Azarbe Ancha la profundidad media será de 1.2 metros; en cambio en Robatorio, es de 2 metros. Por otro lado en el canal del Convenio, en la estación de Cola del Río, donde más capturas se han registrado, la temperatura no llegó a descender por debajo de 10°C y la salinidad se mantuvo sobre las 10 psu, en cambio para Azarbe de en Medio, la única estación donde no se capturó ningún cangrejo, la salinidad se mantuvo especialmente baja (< 5 psu). *C.sapidus* podría preferir salinidades superiores a este valor.

#### 4.2. Características demográficas lagunares y marinas

Aunque los resultados se han interpretado con precaución, dado el bajo número de capturas, y las limitaciones en los estudios similares realizados con trampas para estimar parámetros en poblaciones de cangrejos (Sturdivant y Clark., 2011), se observaron patrones estacionales en la abundancia, talla y distribución de sexos que coincidían con la información biológica de la especie en su hábitat.

Existe una gran variedad temporal en la estructura de tallas en la que durante el verano la cantidad de cangrejos con  $CW > 12$  cm es mayor que en el resto de épocas; así como, la cantidad de machos maduros. En otoño se produce un gran aumento de los ejemplares de pequeño tamaño ( $CW < 8$ ), coincidiendo también con un aumento de la cantidad de cangrejos inmaduros que estarían migrando río arriba en busca de salinidades más bajas para alimentarse y crecer. El invierno fue la época en la que abundaron las capturas de tamaños medianos ( $CW 8 \leq 12$  cm) y en la que se encontró la misma proporción de machos que de hembras pero ningún cangrejo maduro. En primavera el número de individuos medianos y grandes sufre un aumento, así como la madurez, aunque es más considerable en los machos maduros que en las hembras maduras.

Todas estas variaciones podrían indicar que la población está formada por dos cohortes: el reclutamiento de ese mismo año, formado por las megalopas (que entran en el estuario a final de verano-principios de otoño para convertirse en juveniles durante el invierno) más la población madura (el reclutamiento del año pasado que ha ido aumentando rápidamente la anchura de caparazón durante el verano (10cm)). De esta manera, tras la copula, las hembras buscan salinidades más altas, mientras que los machos permanecen en aguas interiores donde la salinidad es más baja para poder seguir reproduciéndose con las hembras maduras de la siguiente cohorte.

Realizar el cambio de muda en ambientes con menor salinidad tendría varias ventajas, en primer lugar osmóticas ya que tras desechar el antiguo exoesqueleto, expanden el nuevo y para ello necesitan absorber gran cantidad de agua no tan salina como la del mar. Sin embargo, se ha comprobado que *C.sapidus* es capaz de mudar el exoesqueleto en un amplio rango de salinidades (Milikin y Williams, 1984). En segundo lugar, los cangrejos en periodo de muda son muy vulnerables ya que dejan de alimentarse y pueden ser depredados fácilmente por los que se encuentran en intermuda y siguen activos (Hines, 2003). De esta forma los primeros podrían utilizar las nasas como refugio al ser más pequeños y vulnerables al canibalismo (Guillory, 1993) ya que en algunos casos los cebos aparecían prácticamente enteros. Así, migrar hacia zonas de menor salinidad en las que casi todos los cangrejos estarán mudando, los aleja de zonas más cercanas a la desembocadura donde habrá más cangrejos de mayor tamaño y en periodo de intermuda. En las estaciones del Convenio algo más alejadas de la costa parece ser que se capturó mayor número de cangrejos juveniles, así en Canal Mayayo y Vinalopó no se capturaron maduros. En la primera de estas dos, parece que existe mayor concentración de lodo en el fondo (Belda et al., 2008) y podría facilitar el enterramiento de los pequeños cangrejos para evitar ser depredados.

Tan solo se capturaron hembras maduras en Torre Tamarit y en La Raja I durante primavera y verano ya que los intervalos entre la reproducción y la puesta varían temporalmente. La puesta normalmente ocurre 1 o 2 meses después de la copula, durante primavera y verano. En el caso de las hembras que se reproduzcan durante otoño o invierno, o las que no consigan llegar a zonas de mayor salinidad, estarían obligadas a pasar el invierno cerca de la desembocadura y pospondrían la puesta hasta la primavera siguiente cuando la

temperatura del agua aumente. Sin embargo, cuanto más tiempo transcurra entre la reproducción y la puesta, menor viabilidad tendrá el esperma (Hopkins, 2002).

Aunque tampoco se observó ningún patrón en la distribución espacial de sexos en las salinas, las capturas del mar en Guardamar durante marzo fueron solo hembras y en Benicarló durante el invierno también, pero durante octubre, en la primera localidad solo se capturaron machos a diferencia de la segunda que seguían siendo todas hembras. Según Hines et al., (1987) el tamaño del estuario, la latitud y las condiciones ambientales que se dan durante el invierno influye en el comportamiento de los machos, pudiendo estos desplazarse distancias cortas para pasar el invierno en aguas más profundas.

Como Indicadores de Condición es frecuente utilizar las relaciones entre el peso, anchura y longitud del caparazón para el estudio de crustáceos (Sukumaran y Neelakantan, 1997); así como, de cantidad de biomasa disponible (Lagler, 1968). Para las relaciones CW/CL- peso la pendiente de la recta (b) varía entre 2.5 y 3.5, esto, según Pauly (1984) en estudios realizados en peces indicaba una escasa variación en las tallas, así como  $b=3$  supondría un crecimiento isométrico. En el presente estudio, aunque los valores de b han sido muy próximos a 3, el crecimiento sería alométrico. Sin embargo, aunque este valor depende principalmente del tamaño y peso de la especie, otros factores como la estacionalidad, temperatura, salinidad, contenidos estomacales, el sexo o el estado de madurez afectan directamente a la relación peso- talla (Pauly, 1984).

#### **4.3 Capturas en la Comunidad Valenciana**

La razón por la cual aumentan las capturas así como las localidades en las que aparece con el paso de los años sería debido al código de registro. Probablemente se haya capturado con anterioridad en algunas localidades, sin embargo, en lonja se introduciría bajo el código general de cangrejo. Así, en 2018, las localidades de Guardamar y Castellón habrían empezado a registrar las capturas de cangrejo azul con el código alfa específico para esta especie asignado por la FAO (CRB).

La caída de precios durante el periodo de julio-noviembre coincide con los meses en los que las hembras se encuentran en el mar para desovar y por lo tanto se produce mayor número de capturas. Por el contrario, desde abril a septiembre el precio por kilo fue más caro, podría ser debido a la disminución de la densidad de cangrejos en el mar ya que coincide con la época de reproducción y las hembras aún no habrían empezado la migración en busca de zonas con mayor salinidad.

#### **4.4. Pesca comercial del cangrejo**

Tras 7 años (2012-2018) de su señalización en el Mediterráneo ibérico, el cangrejo azul parece ser que ya se encuentra totalmente establecido y actualmente sigue expandiéndose, pero ¿cómo reaccionar ante esta nueva situación?. La primera posibilidad es ignorar este cambio y continuar con el escenario actual que influye en las relaciones tanto intra como interespecíficas de las comunidades bentónicas y que sea la naturaleza que lo regule. Por otro lado, se podría desarrollar una política de control de la especie, es decir su erradicación parcial o total. Sin embargo, esto es complicado en el medio marino, ya que exige

una gran inversión tanto de tiempo como económica además para especies acuáticas existe una falta de conocimiento sobre el tema (Lampert et al., 2014). Esta opción no sería factible y además existe el riesgo de que la especie esté tan extendida que aunque se elaborara un plan de erradicación a muy largo plazo es muy probable que no tenga éxito y se pierdan grandes cantidades de dinero. La opción más conveniente para el escenario actual sería desarrollar un plan de gestión para esta especie como un nuevo recurso pesquero y explotarlo comercialmente.

Para esta especie, la sobrepesca tendría graves consecuencias en el reclutamiento (Jones et al., 1990). Por lo tanto ejercer una presión constante sobre la especie (como ocurrió en EE.UU en ciertas ocasiones (Sharov et al., 2003) mantendría la población en el nivel más bajo de abundancia.

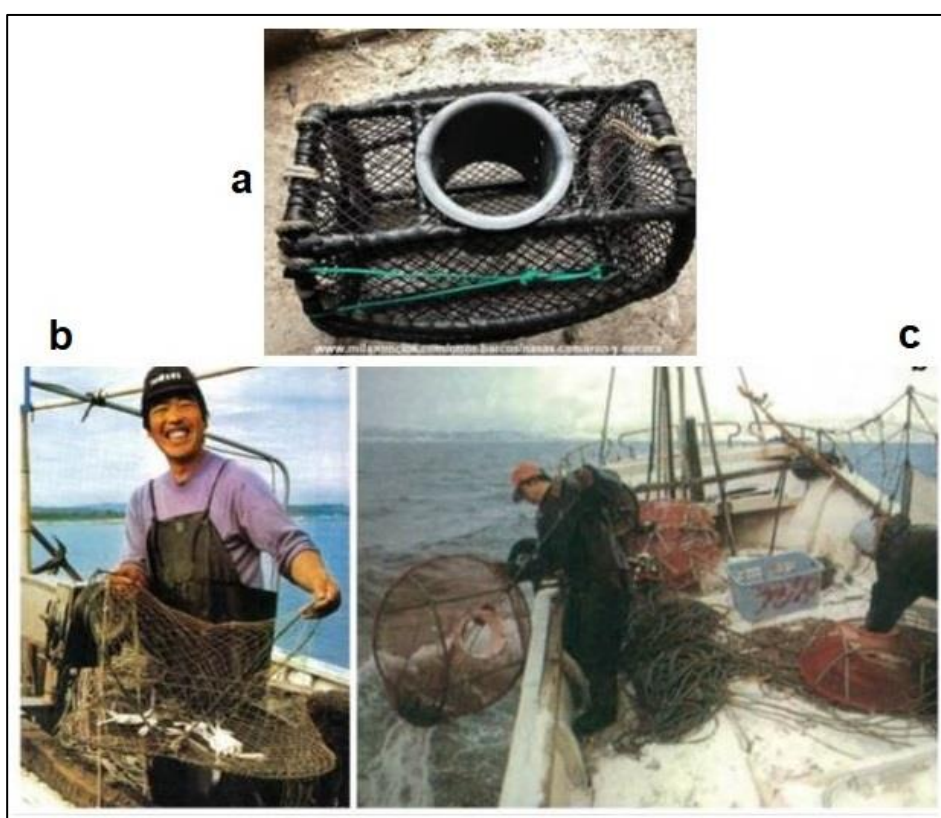
En la zona del Delta del Ebro el establecimiento, expansión del cangrejo azul está teniendo fuertes repercusiones sobre el sector pesquero y de cultivos marinos que se desarrollan en la zona (López y Rodón, 2018) por lo que se ha desarrollado un plan de gestión conjunta entre la administración y el sector pesquero como medida de control o mitigación de la especie. Además de los problemas causados en la pesca local indicados anteriormente, ha afectado a otras especies de interés comercial reduciendo directamente su abundancia como el cangrejo verde autóctono (*Carcinus aestuarii*) o la almeja japonesa (*Venerupis philippinarum*) y por lo tanto se considera una amenaza (López y Rodón, 2018). En la comunidad Valenciana sus poblaciones son muy abundantes especialmente en la franja marina de localidades del Norte (Castellón), donde se están tomando medidas por parte del sector pesquero, por ejemplo con iniciativas y técnicas para su pesca experimental. En el caso de los pescadores de puerto de Castellón han solicitado la pesca del cangrejo mediante un palangre selectivo para esta especie sin anzuelo, por otro lado, los pescadores de Guardamar diseñaron una serie de nasas para poder calarlas.

Estudiar la viabilidad y selectividad de diferentes modalidades de pesca mediante pesca experimental que permita definir a nivel técnico las bases para regular su pesca. Actualmente el CIMAR tiene en marcha un estudio financiado por la Dirección General de Recursos Pesqueros de la Generalitat Valenciana en el que se comparará simultáneamente la pesca en el ambiente costero (Guardamar y Benicarló) y lagunar (P.N Salinas de Santa Pola y P.N Hondo de Elche) debido a las conexiones que existen entre ambos y las migraciones espacio-temporales que realiza *C.sapidus*. Para ello se realizarán seguimientos a borde, de las pescas con nasas, mornells, palangre sin anzuelo y otros artes de pesca.

A partir de los resultados y colaboraciones con el sector pesquero se pueden definir las siguientes recomendaciones para el estudio de la gestión de su pesquería:

- Las pescas experimentales son necesarias para comparar métodos de pesca y definir su efectividad y selectividad, así como para mejorar los artes utilizados y técnicas, con el fin de responder a la demanda de sector pesquero y plantear métodos adecuados. Estas pescas deberían ser subvencionado, así como las campañas de comercialización para popularizar la especie entre el público y facilitar su venta en el mercado.
- Se plantea utilizar nasas por su bajo coste, lo que supone una ventaja para la pesquería, y elevada selectividad, ya que está condicionada por el tamaño de malla y sus dimensiones, que a su vez al estar reguladas, limitan el poder de pesca. Un punto

importante sería el diseño, medidas y materiales de las nasas, para ello se tendrían que realizar pescas experimentales probando distintos modelos y mejorándolos con la experiencia. Al respecto, la utilizada en la pesca de para nécoras (Fig. 23, a) podría ser adecuada, pero también están los modelos de nasas cangrejas japoneses con un armazón de hierro y las paredes de red resistente: modelo 'domo' (Fig. 23, b), con dos entradas laterales, más eficientes que las de forma cuadrada (Vazquez et al., 2003); y el modelo 'pirámide circular' (Fig 23, c), con la entrada en la parte superior. Suelen ser muy selectivas y dirigidas a la especie objetivo (cangrejos) con capturas accesorias escasas. Por otro lado, el uso de nasas permite devolver al mar las capturas accesorias (peces, cefalópodos y otros crustáceos) ya que se mantienen con vida dentro de estas. Sería útil y recomendable la instalación de un panel biodegradable para evitar la pesca fantasma en caso de pérdida.



**Figura 23: Tipos de nasas cangrejas: nasa para nécoras (a), japonesas: modelo 'domo' (b) y modelo 'pirámide circular' (c). Fuente: Yamaha Fisheries Journal.**

- Otro arte muy selectivo podía ser el palangre; una línea madre delimitada por boyas de la que saldrían líneas secundarias con plomos y anzuelos con el cebo. Al levantar el palangre el cangrejo quedaría agarrado al cebo y se recogería con un salabre. De esta manera se considera un arte muy activo en el que el cangrejo no tienen oportunidad de escapar, así como muy selectivo y eficiente para la pesca de este ya que en el cebo de un solo anzuelo se pueden agarrar varios cangrejos (Andrade de Pasquier et

al., 2010). En el marco de este estudio se está estudiando una modalidad propuesta por la Federación de Cofradías de Pesca de Castellón: pesca con palangre sin anzuelo.

- Con el fin de controlar la especie, no se establecería ningún tipo de veda espacial ni temporal, ya que se trata de artes muy selectivos que no tendrían por qué afectar a otras especies, y en el caso de hacerlo, como se ha indicado anteriormente, se podrían devolver al mar con vida.
- Estaría permitido capturar cangrejos de todos los tamaños sin fijar una talla mínima.
- Las hembras ovígeras se podrán comercializar, ya que la abundancia de estas afectará directamente a la población de cangrejos. Esto significa una disminución de la cantidad de huevos y por lo tanto de juveniles que llegarán a adultos. La talla también se vería afectada ya que crecerían menos y una hembra de menor tamaño pone menor cantidad de huevos. Aumentaría la mortalidad de modo selectivo por clases de edades.
- No se limitaría el número de nasas por barco así como las licencias para autorizar su pesca acelerando procesos burocráticos para asegurar la máxima rapidez de expedición.

El único inconveniente de no establecer limitaciones podría aparecer con el tiempo, cuando las capturas accidentales de la pesca de cangrejo (por ejemplo, cefalópodos) supongan la mayoría de capturas convirtiéndose en objetivo.

## 5. Conclusiones

1ª) La pesca experimental en el mar ha resultado insuficiente debido a diferentes motivos (fallos mecánicos, accidentes, falta de motivación y comunicación por parte de los pescadores). Por otro lado, la pesca experimental en las salinas ha resultado breve y escasa en réplicas debido a la falta de presupuesto y de personal. No obstante, el estudio ha aportado datos interesantes sobre las capturas, biología y ecología de la especie en la zona. También ha servido para contactar con otras cofradías de la Comunidad Valenciana y sondear el gran interés que existe en algunas de ellas de regular y explotar de forma responsable este recurso, así como sentar las bases para futuros proyectos.

2ª) Se observa un patrón de capturas en el mar. De junio a septiembre se capturaron hembras con huevos en todos los estados de desarrollo, en octubre disminuyen las capturas y las hembras no están ovadas. Los meses posteriores las capturas son muy escasas hasta marzo que empiezan a aumentar apareciendo hembras maduras sin huevos.

3ª) En las salinas se capturaron cangrejos cuando la temperatura y salinidad del agua fueron superiores a 10°C y 4psu. El porcentaje de machos capturados fue superior al de hembras en los meses de verano y otoño, época en la cual se capturó mayor número de hembras en el mar. Se capturaron más ejemplares juveniles durante otoño. No se observó ninguna hembra con huevos.

4ª) La aparición de juveniles durante finales de otoño e invierno; así como la captura de hembras ovadas en el mar, podría ser un indicador de que la población de *C. sapidus* se ha establecido en la zona influenciada por la desembocadura del Segura. La elaboración de un plan de gestión; así como, regular el comercio de esta especie es una medida necesaria para controlar su abundancia y mitigar sus impactos tanto a nivel ecológico como económico. Sin embargo, existe la amenaza de que tras ser aceptada en el mercado, esta especie se introduzca voluntariamente olvidando su carácter invasivo y consiguiendo el efecto contrario.

## 6. Futuros estudios

No se sabe qué porcentaje de ejemplares pudo escapar. En investigaciones futuras resultaría útil poner una cámara para poder ver el comportamiento ante las nasas y comprobar su efectividad. Queda pendiente continuar con el estudio durante al menos tres años y abarcar más área continuando con un seguimiento similar en el Hondo de Elche donde se ha detectado su presencia. Para mejorar la experiencia de la pesca de *C.sapidus* en el mar, se necesitaría realizar visitas periódicas al puerto; y además, embarques periódicos para observar directamente las capturas.

Parece ser que las megalopas de *C.sapidus* entran al estuario con las corrientes nocturnas durante el mes de septiembre, por lo tanto la abundancia de juveniles durante ese año depende de la cantidad de las mismas que entren. Para cuantificarlo, sería conveniente instalar colectores de larvas en la desembocadura del Segura y en los principales canales durante ese periodo. El tipo de fondo también es importante para la abundancia de *C.sapidus*, ya que los fondos de algas albergaran más diversidad de macro y meiofauna (Bell et al. 1984) lo que supone mayor disponibilidad de alimento y refugio.



Existe una necesidad inminente de realizar pescas experimentales tanto con nasas como con palangre para comprobar su efectividad con el fin de desarrollar un posible un plan de gestión que permita controlar la proliferación de esta especie.

## 7. Bibliografía

Andrade De Pasquier, G., Ramírez, S., García Pinto, L., Buonocore, R., Delgado, J. (2010). Impacto del Palangre para la Captura del Cangrejo Azul, *Callinectes sapidus* en la Composición por Tallas de los Desembarques en el Lago de Maracaibo, Venezuela.

Alvarez, N. F., Gracia, G. A., Robles, R. Calderón, J. (1999). Parasitization of *Callinectes rathbunae* and *Callinectes sapidus* by the rhizocaphalan barnacle *Loxothylacus texanus* in Alvarado Lagoon, Veracruz, Mexico. *Gulf Research Reports*, 11: 15-21.

Aspe, C., Jacque, M., Gilles, A. (2014). Irrigation canals as tools for climate change adaptation and fish biodiversity management in Southern France. *Regional Environmet Change*. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-014-0695-8>.

Banoub, M. W. (1963). Survey of the Blue Crab *Callinectes sapidus* (Rath.) in Lake Edku in 1960. *Hydrobiology Department, Alexandria Institute of Hydrobiology. Notes and Memoirs* 69:1–18

Barrento, S., Marques, A., Teixeira, B., Anacleto, P., Vaz-Pires, P., Nunes, M.L. (2009). Effect of season on the chemical composition and nutritional quality of the edible crab *Cancer pagurus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 10814–10824.

Bazin, P, Jouenne, F., Deton-Cabanillas, A.F ., Perez-Ruzafa, A ., Veron, B. (2014). Complex patterns in phytoplankton and microeukaryote diversity along the estuarine continuum. *Hydrobiologia*, 726: 155-178.

Belda, A., Martínez Pérez, J. E., Martín Cantarino, C., López Pomares, A., Seva Román, E. (2008). Ictiofauna y pesca tradicional asociada a los canales de riego en el Bajo Vinalopó: integración del conocimiento local y académico para la comprensión de los ecosistemas mediterráneos. *Mediterranea*, 19: 1-80.

Belgrad, B. A., Griffen, B. D. (2016). The influence of diet composition on fitness of the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Plos one*, 11(1), e0145481.

Bell, S. S., Walters, K., Kern, J. C. (1984). Meiofauna from seagrass habitats: a review and prospectus for future research. *Estuaries*, 7(4), 331-338.

Cadman LR, Weinstein MP (1985) Size-weight relationship of postecdysial juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus* Rathbun) from the lower Chesapeake Bay. *Journal of Crustacean Biology* 5(2): 306-310, doi:10.2307/1547878.

Carrozzo L., Potenza L., Carlino P., Costantini ML., Rossi I., Macinelli G. (2014). Seasonal abundance and trophic position of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun 1896 in a Mediterranean coastal habitat. *Rendiconti Lincei Scienze Fisiche e Naturali*, 25:201–208.

Castejón D., Guerao G. (2013). A new record of the American blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda: Brachyura: Portunidae), from the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula. *Bioinvasions Records* 2, 141–143.

Demir, D., Öfkeli, F., Ceylan, S., Bölgen, N.(2016). Extraction and characterization of chitin and chitosan from blue crab and synthesis of chitosan cryogel scaffolds. *Journal of the Turkish chemical society chemistry* 3, 131–144.

Desrosier, N.W., Tressler, D.K. (1977). Fundamentals of Food Freezing. The AVI Publishing

Company, Inc. Diaz, R.J., Rosenberg, R., 1995. Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioral responses of benthic macrofauna. *Oceanography and Marine Biology: an annual Review*, 33, 245–303.

Diaz, R. J., Rosenberg, R. (1995). Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and marine biology. An annual review*, 33, 245-03.

EU, 2014. Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species. *Official Journal of European Union Lex* 317, 35–55.

EU, 2016. Commission implementing regulation (EU) 2016/1141 of 13 July 2016 adopting a list of invasive alien species of Union concern pursuant to Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of European Union Lex*, 189, 4–8.

Flowers, E. M., Simmonds, K., Messick, G. A., Sullivan, L., Schott, E. J. (2016). PCR-based prevalence of a fatal reovirus of the blue crab, *Callinectes sapidus* (Rathbun) along the northern Atlantic coast of the USA. *Journal of fish diseases*, 39(6), 705-714

Forward, R., Tankersley, R., Pochelon, P.(2003). Circatidal activity rhythms in ovigerous blue crabs, *Callinectes sapidus*: implications for ebb-tide transport during the spawning migration. *Marine Biology*, 142(1), 67-76.

Giménez Casaldueiro F, Ramos Espla AA, Izquierdo Muñoz A, Gomariz Castillo F, Martínez Hernández FJ, González-Carrión F. (2016). Invertebrados marinos alóctonos en el Mar Menor. En: VM Leon y JM Bellido (eds.) Mar Menor, un ecosistema singular y sensible. Evaluación científica de su estado. Temas de Oceanografía, IEO-MEC: 157-178.

González-Wargüermert M., Pujol JA. (2016). First record of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* (Crustacea: Brachyura: Portunidae) in the Segura River mouth (Spain, southwestern Mediterranean Sea). *Turkish Journal of Zoology*, 40: 615-619.

Guillory, V. (1993). Ghost fishing by blue crab traps. *North American Journal of Fisheries Management*, 13:457–466.

Harding, JM. (2003). Predation by blue crabs, *Callinectes sapidus*, on rapa whelks, *Rapana venosa*: possible natural controls for an invasive species? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 297: 161- 177, doi:10.1016/j.jembe.2003.07.005

Herrnkind, W.F. (1980). Spiny lobsters: patterns of movement. In: Cobb, J.S., Phillips, B.F. (Eds.), *The Biology and Management of Lobsters, Physiology and Behavior*, vol. I. *Academic Press*, New York, pp. 349– 407.

Hill, K. (2004). "Species name: *Callinectes sapidus* (blue crab)" (On-line). Smithsonian Marine Station at Fort Pierce. <[http://www.sms.si.edu/irlspec/callin\\_sapidu.htm](http://www.sms.si.edu/irlspec/callin_sapidu.htm)>

Hines, A. H., Lipcius RN., Haddon AM. (1987). Population dynamics and habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crabs *Callinectes sapidus* in a subestuary of central Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 36:55–64.

Hines, A. H. (2003). Ecology of juvenile and adult blue crabs: summary of discussion of research themes and directions. *Bulletin of Marine Science*. 72:423–433.

Hines, A.H. (2007). Ecology of juvenile and adult blue crabs. In: Kennedy, V.S., Cronin, L.E. (Eds.), *The Blue Crab: Callinectes Sapidus. Maryland Sea Grant College*, pp. 565–654.

Hines, A. H., Johnson, E. G., Darnell, M. Z., Rittschof, D., Miller, T. J., Bauer, L. J., Aguilar, R. (2010). Predicting effects of climate change on blue crabs in Chesapeake Bay. *Biology and Management of Exploited Crab Populations under Climate Change*. Fairbanks: Alaska Sea Grant, University of Alaska Fairbanks, 109-127.

Hopkins, C. W. B. (2002). Number and viability of stored sperm in the female blue crab, *Callinectes sapidus* (Doctoral dissertation, North Carolina State University).

Howard, G. (1999). Especies invasoras y humedales. Esbozo de una presentación principal a la 7ª Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre Humedales (Ramsar, Irán, 1971). San José, Costa Rica. <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/cop7-docs/NONRESRECS%20FINAL/COP7%2024S.pdf>.

Humes, A. G. (1942). The morphology, taxonomy, and bionomics of the nemertean genus *Carcinonemertes*. *University of Illinois Press*.

Izquierdo-Gómez, D., Izquierdo-Muñoz, A. (2016). New mediterranean biodiversity records (March 2016). *Mediterranean Marine Science*, 2016, vol. 17, num. 1, p. 230-252.

Jivoff, P., Hines, A. H., Quackenbush, L. S. (2007). *Reproductive biology and embryonic development*. VS Kennedy, VS and LE Cronin, editors. *The Blue Crab, Callinectes sapidus*. Maryland Sea Grant, College Park, Maryland, 255-298.

Jones, C. M., McConaughy, J. R., Geer, P. J., Prager, M. H. (1990). Estimates of spawning stock size of blue crab, *Callinectes sapidus*, in Chesapeake Bay, 1986–1987. *Bulletin of Marine Science*, 46(1), 159-169.

Lagler, K. F. (1968). Capture, sampling and examination of fishes, pp, 7-45. *Methods for assessment of fish production in fresh waters*, IBP Handbook, 3.

Lampert, A., Hastings, A., Grosholz, E. D., Jardine, S. L., Sanchirico, J. N. (2014). Optimal approaches for balancing invasive species eradication and endangered species management. *Science*, 344(6187), 1028-1031.

López Gómez, J. (1975). El puerto de benicarló. *Estudios Geográficos*, 36(140), 609. Extraído de: <https://search.proquest.com/docview/1304231816?accountid=17192>

López-Pomares, A., López-Iborra, G. M., Martín-Cantarino, C. (2015). Irrigation canals in a semi-arid agricultural landscape surrounded by wetlands: Their role as a habitat for birds during the breeding season. *Journal of Arid Environments*, 118, 28-36.

López, V., Rodon, J. (2018). Diagnosi i situació actual del Cranc Blau (*Callinectes sapidus*) al delta de l'Ebre. *Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya*.

Mancinelli, G., Carrozzo, L., Marini, G., Pagliara, P., Pinna, M. (2013). The co-occurrence of *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Brachyura: Portunidae) and the parasitic dinoflagellate *Hematodinium* sp. (Dinoflagellata: Syndinidae) in two transitional water ecosystems of the Apulia coastline (South-Italy). *Transitional Water Bulletin*, 7, 32–42.

Mancinelli, G., Carrozzo L., Marini G., Costantini M.L., Rossi L., Pinna M. (2014). Seasonal abundance and trophic position of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun 1896 in a Mediterranean coastal habitat. *Rendiconti Lincei Scienze Fisiche e Naturali*, 25:201–208.

Mancinelli G., Chainho P., Cilenti L., Falco S., Kapiris K., Ktelis G., Ribeiro F. (2017). The Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* in southern European coastal waters: Distribution, impact and prospective invasion management strategies. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 5-11

Messick, G. A. (1998). Diseases, parasites, and symbionts of blue crabs (*Callinectes sapidus*) dredged from Chesapeake Bay. *Journal of Crustacean biology*, 18(3), 533-548.

Millikin, M.R., Williams, A.B. (1984). Synopsis of biological data on blue crab. *FAO Fisheries Synopsis*. pp. 38.

Nehring, S. (2011). Invasion history and success of the American blue crab *Callinectes sapidus* in European and adjacent waters. In: Galil BS, Clark PF, Carlton JT (eds), In the wrong place - alien marine crustaceans: Distribution, biology and impacts. *Invading Nature-Springer Series in Invasion Ecology*, 6, pp 607–624.

NOAA, 2014. National oceanographic and atmospheric administration, national marine fisheries service, office of science and technology, commercial fisheries. Annual Commercial Landing Statistics.

Núñez, M.A., Kuebbing, S., Dimarco, R.D., Simberloff, D. (2012). Invasive species: to eat or not to eat, that is the question. *Conservation Letters*, 5, 334–341.

Paracuellos, M., Fernandez-Cardenete, J.R., Robledano, F. (2007). Ecología y conservación de los humedales litorales y sus aves en el sudeste ibérico. *Paralelo*, pp. 11e44, 37 19.

Pasko, S., Goldberg, J., 2014. Review of harvest incentives to control invasive species. *Management of Biological Invasion*. 5, 263–277.

Pauly, D. (1984). *Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators* (Vol. 8). WorldFish.

Ribeiro, F., Veríssimo, A. (2014) . A new record of *Callinectes sapidus* in a western European estuary (Portuguese coast). *Marine Biodiversity Records*. 7, e36.

Ruiz GM., Hines AH., Posey MH. (1993). Shallow water as a refuge habitat for fish and crustaceans in non-vegetated estuaries: an example from Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*.99: 1–16.

Sharov, A. F., Vølstad, J. H., Davis, G. R., Davis, B. K., Lipcius, R. N., Montane, M. M. (2003). Abundance and exploitation rate of the blue crab (*Callinectes sapidus*) in Chesapeake Bay. *Bulletin of Marine Science*, 72(2), 543-565.

Soler, S. (2017). Abundancia de la población del Cangrejo Atlántico Azul (*Callinectes sapidus*) en el entorno de la zona costera de Gandia.

Streftaris N., Zenetos A. (2006). Alien marine species in the Mediterranean - the 100 'WorstInvasives' and their impact. *Mediterranean Marine Science* 7:87–118.

Sturdivant, S.K., Clark, K.L. (2011) An evaluation of the effects of blue crab (*Callinectes sapidus*) behavior on the efficacy of crab pots as a tool for estimating population abundance. *Fishery Bulletin*. 109:48–55

Sukumaran, K. K., Neelakantan, B. (1997). Length-weight relationship in two marine portunid crabs, *Portunus* (*Portunus*) *sanguinolentus* (Herbst) and *Portunus* (*Portunus*) *pelagicus* (Linnaeus) from the Karnataka coast. *Indian journal of marine sciences*, 26(1), 39-42.

Taissoun, E.N. (1970). Las especies de cangrejos del género “*Callinectes*” (Brachyura) en el Golfo de Venezuela y Lago de Maracaibo. *Universidad del Zulia. Facultad de Humanidades y Educación. Centro de Investigaciones Biológicas de Maracaibo*. (pp 37- 56).

Tankersley, R.A., Wieber, M.G., Sigala, M.A., Kachurak, K.A. (1998). Migratory behavior of ovigerous blue crabs *Callinectes sapidus*: evidence for selective tidal-stream transport. *The Biological Bulletin*. 195, 168– 173.

Truitt, R. V. (1939). The blue crab. *Our Water Resources and Their Conservation. University of Maryland, Chesapeake Biological Laboratory Contribution*, 27, 10-38.



Ulanowicz, R E., Ali, M. L., Vivian, A, Heinle, D. R, Richkus, W. A., Summer, J. K. (1982). Identifying climatic factors influencing commercial fish and shellfish landings in Maryland. *Fishery Bulletin*. Us. 80: 611-626

Van Engel WA. (1958). The blue crab and its fishery in the Chesapeake Bay. Part I—Reproduction, early development, growth, and migration. *Commercial Fisheries Review*. 20: 6–17.

Vazquez Archdale, M., Anraku, K., Yamamoto, T., Higashitani, N. (2003). Behavior of the Japanese rock crab ‘Ishigani’ *Charybdis japonica* towards two collapsible baited pots: evaluation of capture effectiveness. *Fisheries science*, 69(4), 785-791.

Ventura, M. P., Salgado, S. Q., de Arenas, J. H. N., Cano, J. V., Mata, P. R., Soriano, J. L. (2018). Predation of the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 on freshwater bivalves (Unionidae & Corbiculidae) in eastern Iberian Peninsula.

Vilà, M., Basnou, C., Pyšek, P., Josefsson, M., Genovesi, P., Gollasch, S., Nentwig, W., Olenin, S., Roques, A., Roy, D., Hulme, P.E. (2009). How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8, 135e144. Bay: Part I. Reproduction, early development, growth and migration. *Commercial Fisheries Review*. 20, 6 –17.

Williams, A.B. (1984). *Shrimps, Lobsters, and Crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.



El Máster Internacional en GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE está organizado conjuntamente por la Universidad de Alicante (UA), el Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM) a través del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ), el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) a través de la Secretaría General de Pesca (SGP).

El Máster se desarrolla a tiempo completo en dos años académicos. Tras completar el primer año (programa basado en clases lectivas, prácticas, trabajos tutorados, seminarios abiertos y visitas técnicas), durante la segunda parte los participantes dedican 10 meses a la iniciación a la investigación o a la actividad profesional realizando un trabajo de investigación original a través de la elaboración de la Tesis Master of Science. El presente manuscrito es el resultado de uno de estos trabajos y ha sido aprobado en lectura pública ante un jurado de calificación.

*The International Master in SUSTAINABLE FISHERIES MANAGEMENT is jointly organized by the University of Alicante (UA), the International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM) through the Mediterranean Agronomic Institute of Zaragoza (IAMZ), and by the Spanish Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAPA) through the General Secretariat of Fisheries (SGP).*

*The Master is developed over two academic years. Upon completion of the first year (a programme based on lectures, practicals, supervised work, seminars and technical visits), during the second part the participants devote a period of 10 months to initiation to research or to professional activities conducting an original research work through the elaboration of the Master Thesis. The present manuscript is the result of one of these works and has been defended before an examination board.*